

3100098009925

TUGAS AKHIR

OE . 1701

**PEMILIHAN SISTEM FENDER UNTUK
PELABUHAN BERKAITAN DENGAN
KONDISI PASANG SURUT**

RSke
627.31
Wir
p-1
1996



Disusun oleh :

A.A. N. Y. WIRAPRAMANA

NRP. 491 430 0216

**PROGRAM STUDI TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

1996

**PEMILIHAN SISTEM FENDER
UNTUK PELABUHAN BERKAITAN DENGAN
KONDISI PASANG SURUT**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kelautan**

Pada

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. W.A. Pratikto, MSc. PhD.

NIP. 130 816 210

SURABAYA

Agustus, 1996

August 96, and everything after.....

I wish, this thesis could be a gift for my parents silver wedding day.

This thesis will always remain me to some one special

whose told me to never give up

She said to me, Don't give up cause I love You

Fight for your self and be your parent proud

and I hope they will be proud

For next, I dedicated this thesis to

all the people that wishes

and all the people of this republic

ce again. Happy Wedding day, my mom and my father.....

I Love You.....

ABSTRAKSI

Salah satu fasilitas yang penting bagi suatu dermaga adalah tersedianya fender pada dermaga tersebut. Fasilitas fender tersebut bertujuan untuk melindungi baik kapal maupun dermaga itu sendiri dari kerusakan yang mungkin timbul akibat benturan yang terjadi antara kapal dengan dermaga. Dengan adanya fender, maka sebagian energi yang timbul akibat benturan ini akan diserap oleh fender. Salah satu faktor penting yang tidak dapat diabaikan dalam perencanaan sistem fender adalah kondisi pasang-surut yang terjadi pada areal pelabuhan tersebut, sehingga faktor tersebut perlu dipertimbangkan dalam pemilihan sistem fender yang tepat agar dapat berfungsi secara efisien dan ekonomis dalam pemakaiannya sehingga tidak akan mempengaruhi kondisi struktur dermaga secara langsung. Dengan memperhatikan berbagai kriteria yang dituntut dalam desain serta mempertimbangkan kondisi pasang surut yang terjadi, maka dapat dipilih suatu sistem fender yang lebih ekonomis dalam pemakaiannya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, yang merupakan persyaratan kelengkapan kurikulum pada Fakultas Teknologi kelautan, Program Studi Teknik Kelautan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada :

1. Bapak DR. Ir. Eko Budi Djatmiko, dan Bapak Ir. Imam Rochani MSc, selaku Ketua Program Studi Teknik Lautan dan Sekretaris Program Studi Teknik Lautan.
2. Bapak Ir. W.A. Pratikto, MSc, PhD. selaku Dosen Pembimbing yang dengan segenap waktu, pemikiran dan tenaganya, telah membantu penyelesaian penyusunan Tugas Akhir ini, dan telah memberikan kesempatan besar serta wejangan sebagai bekal untuk menghadapi hari esok agar lebih baik daripada hari ini berikut ketulusan beliau bertindak selaku orang tua yang membimbing penulis selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Handyanu , MSc selaku Dosen Wali selama studi.
4. Bapak Ir. Haryanto Danutirto serta Bapak Ir. Z. Sikado atas segala dukungan dan bantuannya berikut referensi yang telah diberikan.
5. Pihak Kantor Dinas Pekerjaan Umum Daerah Tingkat I Bali Mr. Saigusa dari pihak JICA, DR. T. Yamashita dari pihak Nippon Koei, Ir. B. Pramita dari pihak PT. Necon Ciptajasa, Pihak Libra Jaya, atas segala waktu serta bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Bapak Prof. Ir. Soegiono, Ir. J.J. Soedjono, MSc., DR. Ir. D.M. Rosyied, Ir. Anief Suroso, MSc., Ir. M. Murtedjo, MSc., DR. H. Tarigan, Ir. M. Mustain, MSc., Ir. Abdoel Gofur, Ir. Murdjito, Ir. Haryo Dwito Armono, Ir. Suntoyo, Ir. Yoyok. S, dan Ir. Rudi Waluyo, yang tak pernah lelah membimbing penulis selama studi di FTK-ITS.

7. Bapak dan Ibu yang telah bertindak selaku "Jenderal" yang mendidik prajurit, kakek dan nenek serta keluarga tercinta yang telah memberi dukungan moral, material, motivasi hingga selesainya Tugas Akhir ini, berikut kesempatan yang telah diberikan oleh kedua orang tua bagi penulis untuk menikmati bangku sekolahan sehingga penulis menyadari kekurangan serta memberi kesempatan kepada penulis untuk memilih antara kepastian dan kemungkinan bagi masa depan penulis. Mohon maaf atas segala tindak tanduk yang telah penulis lakukan sehingga menyusahkan beliau dan terima kasih atas ketabahan beliau menerima keluhan dari pihak lain karena tindakan penulis serta atas kesabaran beliau menunggu hingga penulis menyelesaikan studi, dan keyakinan beliau pada keputusan yang dipilihnya meskipun mengalami sedikit goncangan karena harus menanggung biaya sekolah bagi keempat putranya dengan harapan agar dapat menyejukkan hati beliau, meskipun belum maksimal.
8. Seluruh dosen dan karyawan di ITS yang telah banyak membantu.
9. Saudara tercinta, Jaya, Tugek, dan Wah putra serta saudara serumah, Ajast, Resik, Mangun, Endut, Tokek, dan rekan lainnya.
10. Dewi Astiningsih, S.ked., dan Bella yang telah memberi dorongan moril kepada penulis untuk berbuat yang terbaik setidaknya kita telah berusaha.

11. Bapak Arifin Panigoro (MEDCO) Ir. Agus Kresnawan (ARCO) Isfan Fajar Satria Cheppy, Wiranegara MBA., Oka Budiasta MBA, Heryadi Angligan S. Dipl., Ir. Dewa Putu Ananta Wijaya MBA, Drs. I.B Hermawan MM., Ir. Kadek Witarsa, Ir. Adi Wijaya, Ir. Arya Jaya Negara, Ir. Made Mastana, atas dorongan serta contoh bagaimana menyiasati dan menghadapi hidup yang diberikan kepada penulis, Ir. Iskandar MBA dan Ir. Erwin Jaya dari Bank Niaga atas kredit yang diberikan kepada penulis, serta pihak-pihak yang berpengaruh bagi kehidupan penulis.
12. Group USA, Group Hamburg, Group Jepang, Group UI, Group ITB, Group ITS, Group UNUD, Group STAN, Group Sheraton, serta seluruh kerabat di Group Wirabhakti.
13. Saudara Iwan, Gatot, Abdullah, Johakim, Mie Kriet Oasis, Pete, Dasriel, Dhodot TS, serta rekan-rekan lainnya khususnya anggota HMST - FTK dari seluruh angkatan yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, Rekan-rekan di Fakultas Hukum UNTAG Surabaya yang membuat saya ada, serta Cak rie yang telah banyak membantu penulis selama studi di FTK, serta "sahabat" yang telah memberi warna dalam kehidupan penulis.
14. Bapak Presiden Soeharto, yang telah memberi tunjangan anak kepada orang tua penulis sehingga dirasakan cukup membantu penulis..
15. Seluruh pihak-pihak yang yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, khususnya Calilo dan Lolica di Surabaya serta sahabat dekat di B.S. 706957, serta saudara senasib sepenanggungan yang telah banyak memberi dorongan sampai terselesainya Tugas Akhir ini.

Akhirnya sangat disadari atas adanya kekurangan dan kelemahan dari Tugas Akhir ini sehingga diharapkan kritik dan saran serta

penyempurnaan bagi pengerjaan oleh rekan-rekan yang lain yang mungkin akan melanjutkan dan mengembangkan ide-ide dari Tugas Akhir ini, sehingga dapat memberikan nilai tambah bagi penyusunan Tugas Akhir berikutnya.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Agustus 1996

Penulis

DAFTAR ISI

Abstraksi

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Gambar

Daftar Tabel

Daftar Grafik

BAB I Pendahuluan **I-1**

1.1 Latar Belakang I-1

1.2 Pokok Permasalahan I-2

1.3 Metodologi Pembahasan I-3

1.4 Maksud dan Tujuan Penulisan I-8

1.5 Batasan Masalah I-8

1.6 Sistematika Penulisan I-9

BAB II Tinjauan Umum **II-1**

2.1 Sistem Tempat Berlabuh II-1

2.1.1 Spesifikasi Kapal II-1

2.1.2 Kondisi Bertambat II-3

2.1.3 Kondisi Alam II-9

2.1.4	Kondisi Dermaga	II-11
2.2	Hubungan Fender terhadap Sistem Tempat Berlabuh	II-12
2.3	Konstruksi Fender pada Dermaga	II-13
BAB III	Dasar Teori	III-1
3.1	Berat Kapal	III-1
3.1.1	Definisi Berat Kapal	III-1
3.2	Konsep Energi Kinetik	III-3
3.3	Perhitungan Energi Bertambat Efektif	III-5
3.4	Koefisien Hidrodinamis	III-9
3.5	Formula untuk Perhitungan Energi Bertambat Efektif	III-10
3.6	Diagram Alir Perhitungan Energi Bertambat Efektif	III-17
3.7	Perencanaan Sistem Fender	III-18
3.7.1	Efek Angular	III-19
3.7.1.1	Penentuan Sudut Bertambat	III-20
3.7.1.2	Angular Correction Factor	III-21
3.7.2	Performa Fender	III-23
3.7.2.1	Tahap-tahap Pemeriksaan Performa Fender	III-26
3.7.3	Batasan pada Kondisi Bertambat	III-27
3.7.3.1	Gaya reaksi maksimum yang diijinkan	III-28
3.7.3.2	Area Instalasi yang memungkinkan	III-29
3.7.3.3	Ketinggian maksimum fender	III-30

3.7.3.4 Adaptasi terhadap wharf yang ada	III-31
3.7.4 Batasan dari Kapal	III-32
3.7.4.1 Tekanan Lambung Kapal	III-33
3.7.4.2 Kurvature Lambung Kapal	III-34
3.7.4.3 Proyeksi Kapal	III-35
3.7.5 Batasan dari Kondisi Alam	III-36
3.7.6 Pemilihan Fender	III-40

BAB IV Karakteristik Pasang Surut	IV-1
4.1 Umum	IV-1
4.2 Phenomena Pasang-Surut	IV-3
4.2.1 Tenaga Pembangkit Pasang	IV-4
4.3 Karakteristik dari Sistem Bumi-Bulan-Matahari	IV-8
4.4 Komponen-komponen Utama Pasang-Surut	IV-10
4.5 Klasifikasi Pasang-Surut	IV-11
4.5.1 Pasang berdasarkan Gerakan Pasang-Surut	IV-11
4.6 Pengaruh Pasang-Surut dalam Desain Sistem Fender	IV-14

BAB V Pemilihan Sistem Fender pada Pelabuhan Tinjauan	V-1
5.1 Umum	V-1
5.2 Data Alam	V-2
5.2.1 Data Pasang-Surut	V-2

5.2.2	Data Angin	V-5
5.2.3	Data Arus	V-5
5.3	Data Lalu Lintas Kapal	V-5
5.4	Kriteria Desain Pemilihan Sistem Fender	V-7
5.5	Pemilihan Alternatif	V-19
5.5.1	Pemilihan fender dengan penerapan Skala Penilaian	V-24
5.6	Penempatan Fender pada Dermaga	V-27
5.7	Sistem Fender yang Disarankan	V-32
BAB VI	Penutup	VI-1
6.2	Kesimpulan	VI-1
6.2	Saran-saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A Data Pasang Surut di Pelabuhan Benoa

LAMPIRAN B Tabel Berthing Energy and Specification of Vessels

LAMPIRAN C Cell fender Series Specification

LAMPIRAN D Berbagai Tipe Konstruksi Fender

LAMPIRAN E Tabel -Tabel

Daftar Gambar

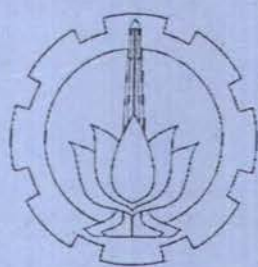
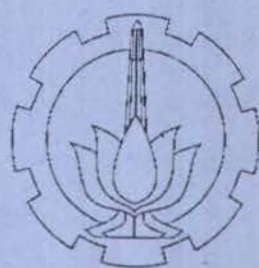
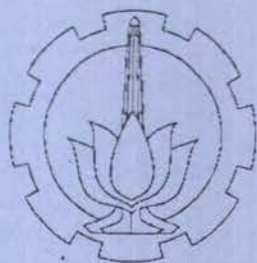
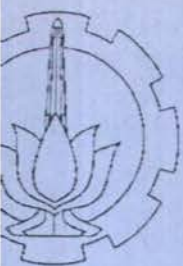
2.1	Spesifikasi kapal	II-2
2.2	Pergerakan kapal saat bertambat	II-7
2.3	Penempatan Fender pada dermaga	II-10
2.4	Konstruksi fender pelindung kayu	II-13
2.5	Konstruksi fender rantai dilindungi karet	II-14
2.6	Konstruksi Suspended Gravity Fender	II-14
2.7	Contoh gambar spesifikasi ukuran standar fender	II-17
3.1	Diagram alir perhitungan energi bertambat	III-18
3.2	Diagram alir perencanaan sistem fender	III-19
3.3	Arah dan tekanan terhadap fender	III-25
3.4	Performance Curve	III-27
3.5	Minimum Installation Area	III-30
3.6	Kondisi fender saat mengalami tekanan diatas defleksi	III-31
3.7	Contoh pemasangan dengan menggunakan resin anchor	III-32

Daftar Tabel

Tabel 2.1	Kecepatan bertambat dalam desain	II-5
Tabel 3.1	Berat kapal	III-1
Tabel 3.2	Hubungan berat kapal dan displacement tonnage	III-2
Tabel 3.3	Energi bertambat hasil	III-13
Tabel 3.4	Faktor keamanan	III-15
Tabel 3.5	Sudut bertambat	III-21
Tabel 3.6	Variasi tekanan muka	III-33
Tabel 4.1	Komponen utama pasang surut	IV-11
Tabel 4.2	Minimum Clearance	IV-16
Tabel 5.1	Jumlah kedatangan kapal di pelabuhan Benoa	V-7
Tabel 5.2	Spesifikasi kapal pelayaran khusus	V-9
Tabel 5.3	Spesifikasi kapal Tanker	V-10
Tabel 5.4	Penyerapan energi dan gaya reaksi fender	V-11
Tabel 5.5	Performance fender kandidat	V-12
Tabel 5.6	Performance curve fender kandidat pada defl. 50%	V-14
Tabel 5.7	Hasil perhitungan E_a dan R_a	V-15
Tabel 5.8	Spesifikasi kapal container	V-16
Tabel 5.9	Performa fender kandidat	V-17
Tabel 5.10	Performance kandidat pada defleksi 50%	V-18
Tabel 5.11	Hasil perhitungan E_a dan R_a	V-19
Tabel 5.12	Skala penilaian	V-23
Tabel 5.13	Ukuran standar frontal frame	V-30

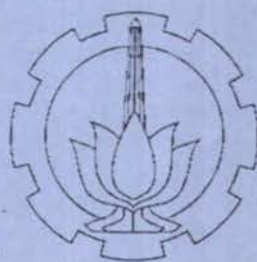
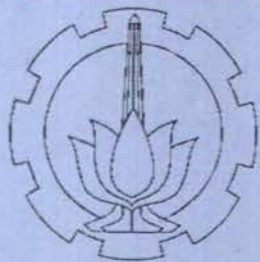
Daftar Grafik

Grafik 2.1	Kecepatan bertambat	II-4
Grafik 2.2	Penyerapan energi dari 3 jenis fender	II-15
Grafik 2.3	Performance curve	II-18
Grafik 3.1	Faktor eksentrisitas	III-8
Grafik 3.2	Deflection energy versus velocity energy	III-13
Grafik 3.3	Faktor koreksi untuk gaya reaksi	III-22
Grafik 3.4	Faktor koreksi untuk penyerapan energi	III-23
Grafik 4.1	Berbagai tipe pasang	IV-13
Grafik 5.1	Pasang surut di pelabuhan Benoa	V-4
Grafik 5.2	Faktor koreksi untuk E_a	V-12
Grafik 5.3	Faktor koreksi untuk R_a	V-13
Grafik 5.4	Performance curve SUC1000H	V-14
Grafik 5.5	Performance curve SUC1150H	V-18



BAB I

PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk mengurangi benturan yang terjadi pada waktu kapal bertambat diperlukan suatu alat yang lebih dikenal dengan fender. Penggunaan fender ini dimaksudkan untuk melindungi dermaga dan kapal dari benturan yang terlalu keras sehingga dapat mencegah kerusakan yang timbul akibat benturan tersebut.

Pada awalnya, fender yang digunakan terbuat dari bahan-bahan yang mudah didapat seperti kayu dan karet, yang mampu menyerap sebagian energi yang timbul akibat benturan yang terjadi.

Fender yang paling baik dan mampu menyerap energi yang besar adalah fender yang terbuat dari karet. Dengan semakin berkembangnya bentuk dan ukuran kapal, maka semakin berkembang pula bentuk dan ukuran fender yang sesuai dengan kebutuhan.

Terdapat banyak faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan sistem fender yang akan digunakan dalam perencanaan dermaga. Sistem

fender tersebut meliputi ukuran , pemasangan atau penempatan dan bentuk dari fender yang sesuai untuk pelabuhan tersebut, serta faktor-faktor yang secara dominan berpengaruh pada pelabuhan tersebut. Salah satu faktor dominan dalam hal ini adalah kondisi alam yaitu kondisi pasang surut yang terjadi pada areal pelabuhan.

Karena setiap daerah mempunyai kondisi dan karakteristik pasang surut yang berbeda, maka sistem fender yang digunakan untuk setiap daerah juga berlainan satu sama lain. Dengan mengetahui kondisi pasang surut yang ada, maka akan dapat diperoleh sistem fender yang sesuai untuk pelabuhan tersebut.

1.2 Pokok Permasalahan

Dalam tugas akhir ini akan dibahas pemilihan sistem fender pada dermaga berkaitan dengan kondisi pasang surut yang terjadi pada areal pelabuhan tersebut untuk mendapatkan sistem fender yang sesuai bagi pelabuhan.

Selanjutnya akan dilakukan tinjauan berdasar data yang diperoleh dari beberapa pelabuhan, sehingga akan diperoleh sistem fender yang sesuai untuk pelabuhan tersebut.

1.3 Metodologi

Dalam melakukan pemilihan sistem fender yang layak, terdapat banyak hal yang perlu dipertimbangkan antara lain besar penyerapan energi oleh fender, gaya reaksi yang diberikan oleh fender serta faktor-faktor luar yang terjadi. Dalam tugas akhir ini pemilihan fender dilakukan dengan memprioritaskan pada penyerapan energi oleh fender yang terpilih yang selanjutnya akan dikaitkan dengan pasang surut yang terjadi pada pelabuhan tinjauan. Agar pembahasan lebih terfokus, berikut ini akan diuraikan mengenai langkah-langkah yang akan dikerjakan dalam proses penulisan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Studi literature yang menyangkut tentang perencanaan sistem fender pada dermaga.
2. Pengumpulan data yang meliputi data tentang spesifikasi fender, lalu lintas kapal pada pelabuhan tinjauan, data alam khususnya mengenai pasang surut yang terjadi pada pelabuhan tinjauan. Pengumpulan data dilakukan dengan menghubungi pihak-pihak yang terkait, antara lain pihak Dinas Pekerjaan Umum Daerah Tingkat I Bali serta pihak-pihak yang terkait didalamnya.
3. Menentukan batasan masalah untuk lebih memfokuskan pembahasan dan untuk menghindari pembahasan yang terlalu meluas serta kaitannya dengan data yang tersedia.

4. Melakukan tinjauan secara umum mengenai hubungan antara fender dengan sistem tempat berlabuh, serta mempelajari tentang dasar teori bagi perencanaan sistem fender dalam kaitannya dengan kondisi pasang surut yang terjadi pada pelabuhan tinjauan yang dilanjutkan dengan penulisan mengenai hal tersebut.
5. Pengolahan data mengenai lalu lintas kapal dengan tujuan mengetahui banyaknya kapal yang sering merapat di pelabuhan tinjauan serta pengolahan data mengenai kondisi pasang surut yang terjadi pada pelabuhan tinjauan yang akan digunakan sebagai dasar bagi proses pemilihan sistem fender dikaitkan dengan kondisi pasang surut.
6. Menghitung Displacement tonnage dari kapal yang didasarkan pada data yang diperoleh. Bridgestone (1995) menunjukkan hubungan antara Gross Tonnage, Dead Weight Tonnage serta Displacement Tonnage sebagai berikut :

Vessel	GT	DWT	DT
Freighter, Tanker	1	Approx. 1,5	Approx. 2
Passanger Ships	1	Approx. 0,85	Approx. 1
Container	1	Approx. 1,33	Approx. 2

Dari hubungan tersebut, akan diperoleh harga displacement tonnage dari kapal yang bersangkutan. Selanjutnya Displacement Tonnage akan dinyatakan secara konsisten sebagai W_1 .

7. Melakukan perhitungan bagi massa tambah kapal tersebut. Massa tambah tersebut akan dinyatakan secara konsisten sebagai W_2 dan dihitung dengan rumus yang diberikan Bridgestone (1996) berikut :

$$W_2 = \rho L H^2 \frac{\pi}{4}$$

Harga Panjang kapal (L) dan Full draught (H) diperoleh dari Tabel "Berthing Energy and Specifications of Vessel" yang dapat dilihat pada halaman lampiran.

8. Menentukan Kecepatan bertambat dalam desain yang dinyatakan secara konsisten sebagai V_d . Untuk V_d , Bridgestone (1995) memberikan suatu bentuk tabulasi yang dapat digunakan untuk menentukan V_d sebagai berikut :

Ukuran kapal (DWT)	Actual Speed (m/sec)	Design Speed (m/sec)
Dibawah 10.000 ton	0,1 hingga 0,3	0,20
10.000 - 50.000 ton	0,1 hingga 0,2	0,15
Lebih dari 50.000 ton	0,1 hingga 0,15	0,15

Selanjutnya, V_d yang digunakan adalah sesuai dengan kapal yang bersangkutan.

9. Melakukan perhitungan untuk energi bertambat efektif (E) dari masing-masing kapal dengan menggunakan formulasi berikut ini :

$$E = \frac{(W_1 + W_2) V^2}{2g} K$$

10. Melakukan pemilihan untuk kandidat fender dengan memperhatikan kondisi bahwa harga penyerapan energi pada

tekanan normal (E_n) oleh fender kandidat harus lebih besar dari E yang diperoleh.

11. Melakukan peninjauan kembali terhadap kandidat fender untuk mengetahui performance kandidat fender tersebut dalam kondisi akibat pengaruh efek-efek angular. Selanjutnya akan diperoleh harga E_a yaitu penyerapan energi oleh fender pada tekanan angular. Harga E_a ini diperoleh dengan mengalikan penyerapan energi pada tekanan normal (E_n) dengan faktor koreksi angular (F_{ae}) untuk menentukan harga penyerapan energi akibat efek angular.
12. Melakukan peninjauan kembali terhadap kandidat fender dengan ketentuan bahwa harga E_a yang diperoleh harus lebih besar daripada harga E .
13. Melakukan tinjauan terhadap batasan-batasan yang diminta dalam desain, antara lain batasan dari kondisi bertambat terutama menyangkut gaya reaksi yang diijinkan apabila diminta, batasan dari kapal seperti contact point, serta batasan dari kondisi alam khususnya mengenai kondisi pasang surut.
14. Melakukan analisa keputusan dengan perumusan masalah berdasarkan tujuan, untuk mengetahui kandidat fender yang terbaik dalam artian bahwa kandidat terpilih tersebut mampu memenuhi persyaratan yang diminta dalam desain.

15. Menentukan posisi fender terpilih pada dermaga khususnya posisi terendah dengan memperhatikan kondisi pasang surut yang terjadi yang dilanjutkan dengan penentuan sistem fender terpilih dalam kaitannya dengan kondisi pasang surut yang terjadi pada pelabuhan tinjauan.
16. Membentuk kesimpulan dari tugas akhir ini, berikut saran-saran yang dapat diberikan bagi penyempurnaan sistem fender yang lebih baik.

Dalam kaitannya dengan kondisi alam khususnya pengaruh pasang surut yang terjadi pada areal pelabuhan, akan dilakukan analisa untuk mengetahui posisi terendah dari fender pada dermaga. Hal tersebut perlu dilakukan dengan pertimbangan bahwa posisi fender tersebut akan berpengaruh terhadap nilai ekonomis pelabuhan tersebut. Berdasarkan pemikiran tersebut, maka posisi fender akan diusahakan agar dalam setiap kondisi pasang surut yang terjadi, kapal dapat merapat di dermaga tersebut. Dalam tugas akhir ini, kondisi struktur dermaga dianggap sempurna dalam artian bahwa konstruksi dermaga telah dihitung dan memenuhi syarat.

Dengan mempertimbangkan kriteria-kriteria yang harus dipenuhi dalam menentukan posisi fender terendah pada dermaga, maka penentuan posisi fender dapat dilakukan. Yang perlu diperhatikan dalam

digunakan mampu menyerap energi yang ditimbulkan akibat tumbukan kapal dan penempatan fender tersebut nantinya harus mampu menambah nilai ekonomis pelabuhan tersebut dalam artian bahwa dalam segala kondisi pasang surut, kapal masih dapat merapat dengan aman. Penentuan posisi fender pada dermaga akan dilakukan berdasarkan freeboard kapal terkecil dengan asumsi bahwa freeboard kapal terkecil memiliki ruang kebebasan yang terkecil. Dengan demikian maka akan diperoleh suatu sistem fender yang lebih ekonomis dalam pemakaiannya, dengan pertimbangan bahwa pada kondisi surut terendah dermaga tersebut masih dapat dirapati oleh berbagai jenis kapal .

1.4 Maksud dan Tujuan Penulisan

Maksud dan tujuan dari penulisan makalah Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan sistem fender yang sesuai dan efisien untuk suatu pelabuhan berkaitan dengan kondisi pasang surut yang terjadi pada areal pelabuhan tersebut serta diharapkan dapat menambah nilai ekonomis pelabuhan tersebut dalam pemakaiannya.

1.5 Batasan Masalah

Banyak faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan sistem fender yang akan digunakan . Dengan terbatasnya kemampuan, waktu

serta pengetahuan yang menyangkut masalah ini , maka dalam tugas akhir ini penyaji memberikan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pembahasan dibatasi hanya pada fixed fender khususnya supercell fender, berikut pengaruh kondisi pasang surut terhadap sistem fender yang meliputi ukuran, penentuan posisi terendah dari fender serta bentuk dari fender tanpa memperhitungkan konstruksi dari dermaga.
2. Kondisi struktur dermaga dianggap sempurna.
3. Pengaruh efek gelombang tidak diperhitungkan karena masalah efek gelombang dalam kolam pelabuhan sudah diatasi dengan adanya pemecah gelombang (breakwater), sehingga dalam kolam pelabuhan tidak ada gelombang tinggi.
4. Data yang digunakan adalah data pasang surut yang diperoleh dari Kantor Dinas Pekerjaan Umum Tingkat I Propinsi Bali, serta data yang diperoleh dari pihak pelabuhan Benoa dan pihak konsultan.
5. Pemilihan alternatif dilakukan dengan berdasarkan pada skala prioritas dengan perumusan masalah berdasarkan tujuan, dalam artian bahwa skala prioritas tersebut didasarkan pada ketentuan desain.

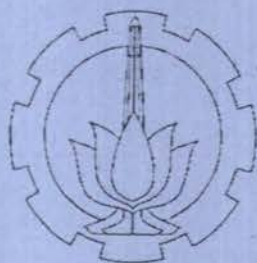
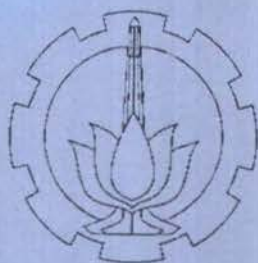
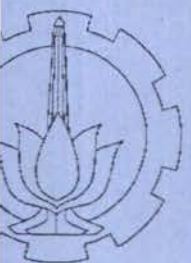
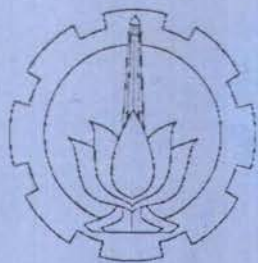
1.6 Sistematika Penulisan

Langkah awal dari penulisan tugas akhir ini adalah pengumpulan data yaitu data pasang surut yang terjadi di sekitar pelabuhan tinjauan berikut data terkait lainnya yang diperoleh dari pihak pelabuhan Benoa dan pihak konsultan. Kemudian melakukan studi literature tentang hal-hal yang berhubungan dengan pemilihan sistem fender pada pelabuhan untuk mendapatkan sistem fender yang sesuai yang dilanjutkan dengan pemilihan sistem fender yang sesuai untuk pelabuhan tinjauan. Tahap selanjutnya adalah melakukan pemilihan alternatif berdasarkan urutan skala prioritas untuk memperoleh sistem fender yang terbaik.

Secara singkat dapat diterangkan isi dari masing-masing bab dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

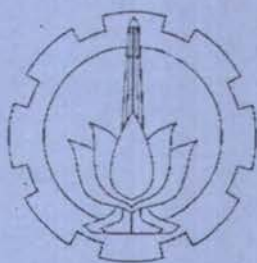
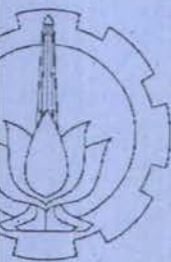
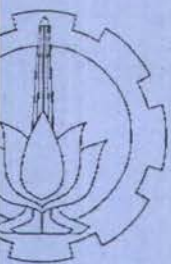
- | | |
|---------|--|
| Bab I | :Pendahuluan yang berisi penjelasan singkat tentang keseluruhan tugas akhir ini serta gambaran umum penyajiannya |
| Bab II | :Penjelasan umum tentang hubungan antara fender dengan sistem tempat berlabuh |
| Bab III | :Penjelasan umum mengenai pemilihan sistem fender yang berisikan konsep dasar pemilihan fender |
| Bab IV | :Penjelasan tentang karakteristik pasang surut |

- Bab V :Penjelasan mengenai keseluruhan proses pemilihan sistem fender yang diuraikan secara lebih detail serta penjelasan mengenai pemilihan sistem fender pada pelabuhan tinjauan
- Bab VI :Kesimpulan dari tugas akhir ini serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut dari tugas akhir ini.



BAB II

TINJAUAN UMUM



BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Sistem Tempat Berlabuh

Yang dimaksud dengan sistem tempat berlabuh adalah suatu sistem dimana didalamnya tercakup 4 hal pokok yang saling berhubungan satu dengan lainnya. Merrit (1972) menyebutkan keempat hal tersebut adalah :

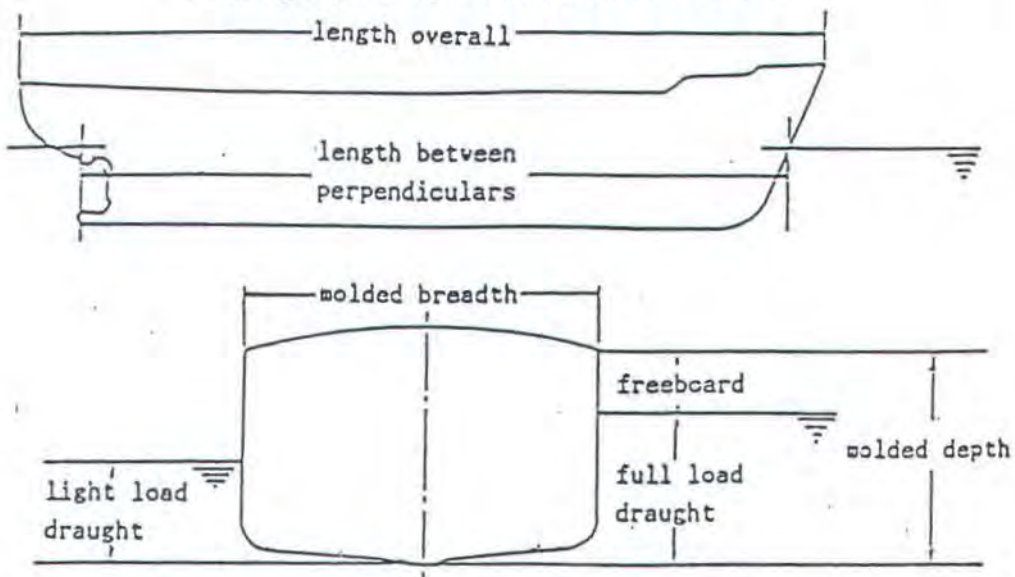
- a Spesifikasi Kapal
- b Kondisi Bertambat
- c Kondisi Alam
- d Kondisi Dermaga

2.1.1 Spesifikasi kapal

Dalam sistem ini, peran kapal sangat penting baik secara langsung maupun tidak langsung dimana gaya luar yang ada akan mempengaruhi konstruksi dermaga dan juga akan mempengaruhi kondisi ketika bertambat .

Untuk mengetahui gaya-gaya luar yang ada, faktor-faktor dari spesifikasi kapal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a Jenis kapal
- b Berat kapal (*displacement tonnage*)
- c Panjang kapal (*length overall*)/panjang kapal yang terbenam (*length between perpendiculars*)
- d Lebar kapal
- e Kedalaman dari tubuh kapal yang terbenam saat muatan penuh (*full loaded draught*)
- f Kedalaman dari tubuh kapal pada saat muatan kosong (*light loaded draught*)
- g Tinggi badan kapal yang berada diatas permukaan saat muatan penuh (*free board*)
- h Jarak maksimal yang diijinkan antara kapal dengan dermaga (*loading equipment of the ship*)



Gambar 2.1 Spesifikasi kapal (Muckle's, 1987)

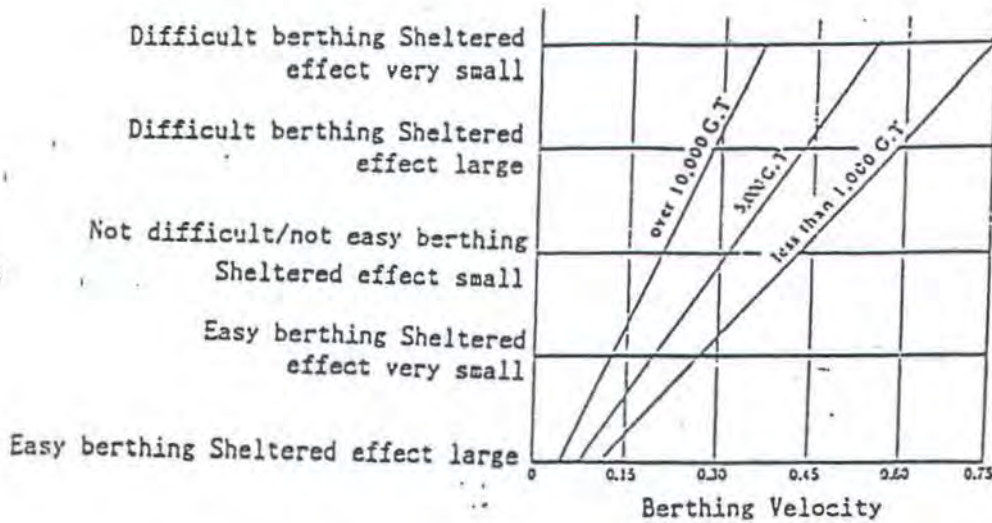
2.1.2 Kondisi Bertambat

Dalam sistem ini, diantara gaya-gaya yang mempengaruhi kapal, pertambatan adalah suatu hal yang cukup penting. Yang paling utama adalah energi bertambat (*Berthing Energy*), dimana energi ini tergantung pada kondisi bertambat yang mencakup dua hal pokok :

a. Kecepatan bertambat

Kecepatan bertambat adalah merupakan salah satu kriteria terpenting dalam mendesain sistem fender. Kecepatan bertambat dari kapal ditentukan berdasar harga yang terukur atau dari data yang telah diukur sebelumnya .Untuk menentukan kecepatan kapal saat bertambat yang aman, harus diperhatikan bentuk daripada kapal, kondisi muatan, kondisi tambatan (*mooring conditions*) dan strukturnya, kondisi laut dan cuaca pada saat proses tersebut berlangsung, dan ukuran kapal tunda (*tug boat*) yang digunakan.

Untuk mempermudah perhitungan kecepatan bertambat, *Japanese National Section of PIANC (1980)*, memberikan suatu bentuk tabulasi yang dapat dijadikan acuan untuk menafsirkan kecepatan bertambat dari kapal.



Grafik 2.1 kecepatan bertambat (JNSPIANC, 1980)

Dengan mengacu pada buku *Japanese National Section of PIANC*, Pratikto (1996) menjabarkan bahwa grafik 2.1 menunjukkan hubungan antara kecepatan merapat dan kondisi navigasi dengan pertimbangan perlindungan terhadap fasilitas tambat, ukuran kapal dan sebagainya. Disebut juga dengan Diagram Vasco Costa dan A.L.L. Baker serta digunakan sebagai indeks untuk penafsiran kecepatan merapat.

Dalam mendesain sistem fender, *Bridgestone* (1995) menyatakan bahwa kecepatan bertambat untuk kapal kecil dengan ukuran dibawah 10.000 DWT adalah 0,1-0,3 m/detik dan untuk kapal berukuran sedang antara 10.000 hingga 50.000 DWT adalah

kurang dari 0,2 m/detik. Untuk kapal berukuran besar diatas 50.000 DWT , kecepatan bertambatnya diperkirakan antara 0,1 hingga 0,15 m/sec yang dinyatakan sebagai kecepatan bertambat untuk desain dalam beberapa kasus. Tabel 2.1 menyajikan informasi tentang kecepatan bertambat yang sebenarnya serta kecepatan bertambat yang digunakan dalam desain.

Table 4. Designated berthing speed

Size of vessel (DWT)	Actual speed (m/sec)	Design speed (m/sec)
Under 10,000 tons	0.1 ~ 0.30	0.20
10,000 ~ 50,000 tons	0.1 ~ 0.20	0.15
Over 50,000 tons	0.1 ~ 0.15	0.15

Tabel 2.1 Kecepatan bertambat dalam desain (Bridgestone,1995)

b. Metode Bertambat

Dalam perhitungan energi bertambat (*berthing energy*), perlu memperhatikan faktor eksentrisitas pada saat bertambat. Ketika kapal bertambat, yang paling baik adalah sejajar dengan dermaga, namun yang paling sering terjadi adalah kapal membentuk sudut pada saat akan bertambat. Pada kasus ini energi bertambat akan

lebih kecil bila dibandingkan dengan energi kinetik yang sebenarnya.

Menurut Sears dan Zemansky (1969), secara umum besarnya energi kinetik adalah :

$$E_k = \frac{1}{2}MV^2$$

dengan mensubstitusikan $\frac{W}{g}$ untuk massa M , maka :

$$E_k = \frac{1}{2} \times \left(\frac{w}{g} \right) \times V^2$$

Untuk mengetahui besarnya energi kinetik dari kapal Quinn (1972) memberikan perumusan sebagai berikut :

$$E_k = \frac{w}{2g} V^2$$

dimana: E_k : energi kinetik kapal

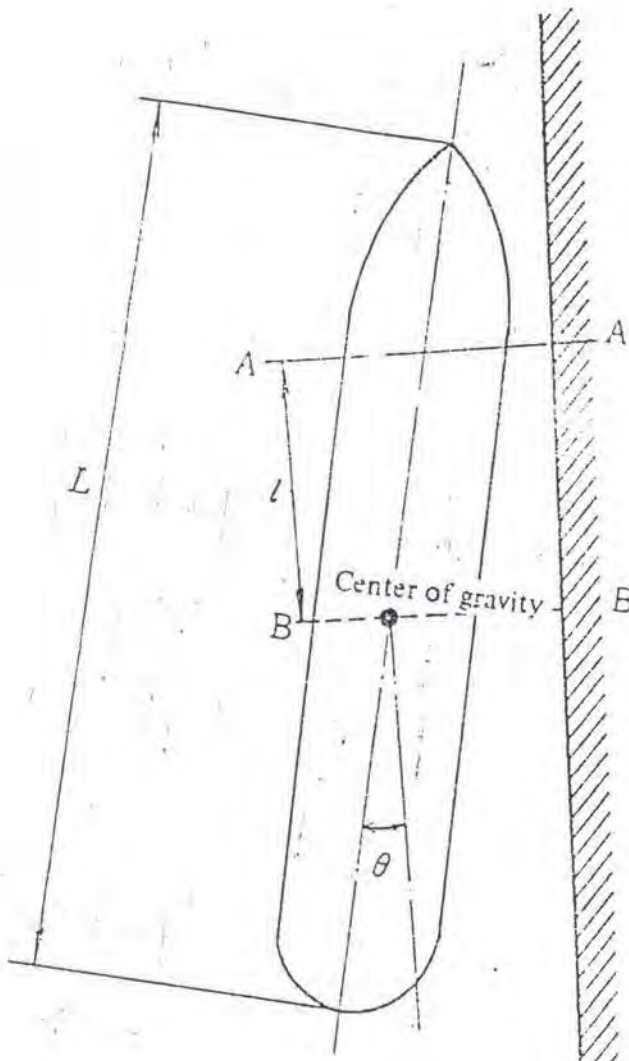
w : bobot kapal

v : kecepatan

g : gravitasi

Umumnya kapal bertambat dalam arah paralel dengan dermaga. Namun biasanya kapal menyentuh dermaga dengan arah

membentuk sudut pada suatu titik di haluan kapal. Kemudian kapal akan berputar pada arah longitudinal terhadap titik tersebut.



Gambar 2.2 Pergerakan kapal saat bertambat (JNSPIANC,1980)

Menurut Quinn (1972), energi yang digunakan dalam pergerakan tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$E_1 = \frac{W}{2g} v^2 \times \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2}$$

dimana :

E_1 : energi yang digunakan

W : bobot kapal = $W_1 + W_2$ (ton)

W_1 = Actual weight of ship

W_2 = Additional weight

v : kecepatan

g : gravitasi

l : jarak antara titik kontak dengan titik berat kapal

r : jari-jari girasi antara titik kontak dengan titik berat kapal

$$r = 1/4 \cdot L$$

L : Panjang kapal

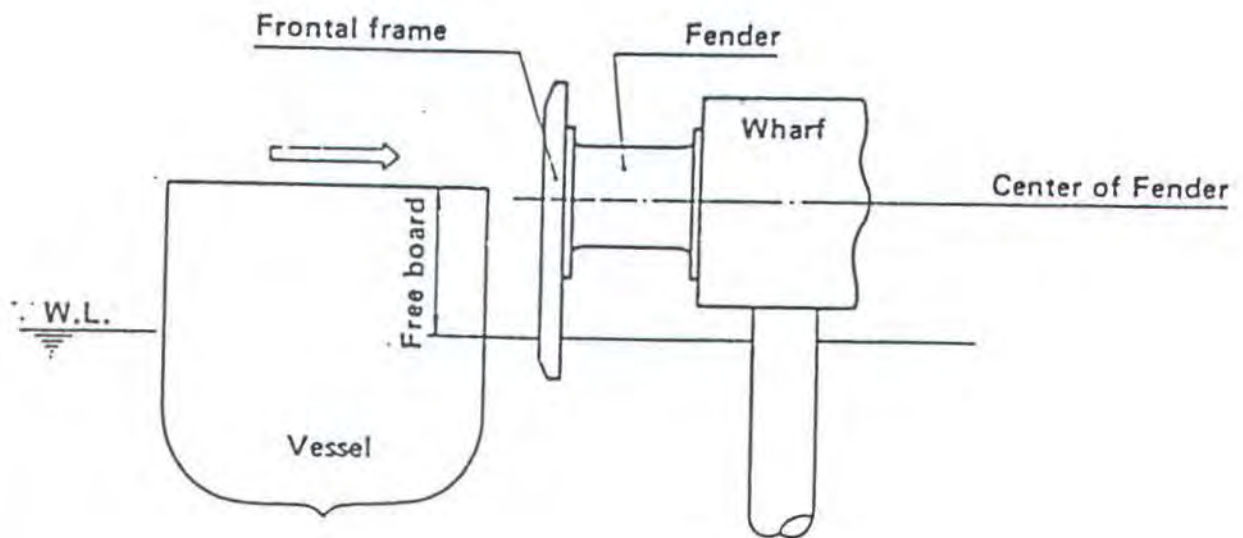
Dapat dilihat bahwa energi bertambat (disebut juga dengan Energi Bertambat Efektif) berbeda antara energi kinetik kapal dan energi yang digunakan.

2.1.3 Kondisi Alam

Bridgestone (1995) menyatakan bahwa ada beberapa kondisi alam yang harus dipertimbangkan dalam mendesain suatu sistem fender, yang paling penting dapat dibagi menjadi tiga yaitu :

a Beda pasang surut

Beda pasang surut yang terjadi sangat berpengaruh dalam menentukan sistem fender yang akan digunakan, sehingga kapal akan dapat bertambat pada posisi yang tepat dalam berbagai kondisi pasang surut yang terjadi. Pada saat beda pasang surut menjadi acuan yang khusus, adalah sangat penting untuk memutuskan posisi atau letak dimana kapal akan mengalami kontak dengan sistem fender karena titik kontak dari kapal akan berbeda besarnya tergantung pada pasang surut. Disarankan untuk menempatkan sistem fender pada daerah bagian atas freeboard dari kapal agar kapal mengalami kontak terhadap sistem fender pada posisi yang lebih tinggi daripada titik pusat marine fender.



Gambar 2.3 Penempatan fender pada dermaga (Bridgestone, 1995)

b Kecepatan angin

Kecepatan angin akan berpengaruh khususnya pada saat freeboard kapal sangat tinggi, seperti pada saat kapal kosong atau saat pengisian ballast. Sangatlah penting untuk mendesain suatu sistem fender yang mampu menahan beban serta tidak rusak saat menerima tekanan berlebih yang diteruskan oleh kapal akibat gaya yang ditimbulkan oleh arus angin yang kuat.

c Kecepatan arus

Arus merupakan salah satu dari banyak faktor yang harus diperhitungkan. Arus yang terlalu kuat dapat mengganggu pergerakan kapal. Tetapi pada areal pelabuhan hal tersebut dapat diatasi dengan adanya kolam pelabuhan.

2.1.4 Kondisi Dermaga

Data-data yang cukup tentang dermaga sangat diperlukan karena berkaitan langsung dengan sistem fender serta sarana-sarana yang akan diletakkan pada dermaga.

Menurut Abbet dan Robert (1956), dalam perencanaan sistem fender pada dermaga, terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan yaitu :

- a Panjang dermaga
- b Ketinggian dermaga
- c Kedalaman lokasi
- d Lebar dermaga
- e Bentuk dan tipe dermaga
- f Kekuatan dermaga
- g Kemampuan menyerap energi dari dermaga
- h Fasilitas pemuatan

2.2 Hubungan Fender Terhadap Sistem Tempat Berlabuh

Dermaga sebagai tempat bersandar bagi kapal-kapal di pelabuhan, dilengkapi dengan suatu alat pelindung yang disebut fender. Quinn(1972) menyatakan bahwa pada prinsipnya fungsi fender adalah untuk mencegah kapal dan atau dermaga dari kerusakan yang timbul akibat benturan yang terjadi pada saat kapal merapat. Dalam kondisi ideal dan kontrol yang sempurna, kapal bisa mendekati dermaga tanpa mengalami benturan yang keras, tapi tetaplah penting untuk memisahkan kapal dari dermaga dengan semacam bantalan dari karet atau kayu yang akan mencegah cat dari kerusakan akibat gerakan relatif antara dermaga dan kapal yang timbul akibat pengaruh angin dan pergerakan arus yang dapat menimbulkan kerusakan pada kedua belah pihak .

Fender merupakan suatu kesatuan yang utuh dan tidak dapat dipisahkan dengan dermaga. Fungsi dari fender adalah melindungi kapal dan atau dermaga dari kerusakan yang mungkin timbul pada saat kapal bertambat.

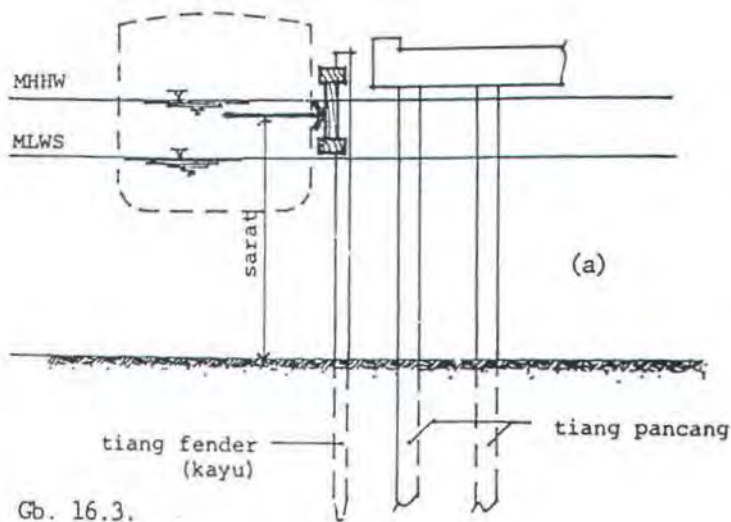
Dengan semakin banyaknya kapal-kapal yang semakin besar, maka diperlukan suatu bentuk fender yang dapat menerima atau menyerap energi yang lebih besar, dan beberapa variasi dari sistem fender yang telah dikembangkan serta dapat berfungsi dengan baik.

2.3 Konstruksi Fender Pada Dermaga

Menurut Soejono Karmadibrata dalam bukunya *Perencanaan Pelabuhan (1985)*, pada dasarnya dari segi konstruksi diketahui ada 3 sistem konstruksi fender, yaitu :

1. Fender pelindung kayu

Fender ini semakin berkurang penggunaannya, dikarenakan makin sulit untuk mendapatkan kayu panjang. Di bawah ini diberikan beberapa contoh sistem fender pelindung kayu.



Gambar 2.4 Konstruksi fender pelindung kayu (S.Karmadibrata, 1985)

2. Fender gantung

Bentuk fender ini bervariasi dari yang sederhana hingga yang paling sulit pelaksanaannya. Biasanya digunakan untuk konstruksi dermaga kapal-kapal kecil. Dikenal ada beberapa jenis yaitu :

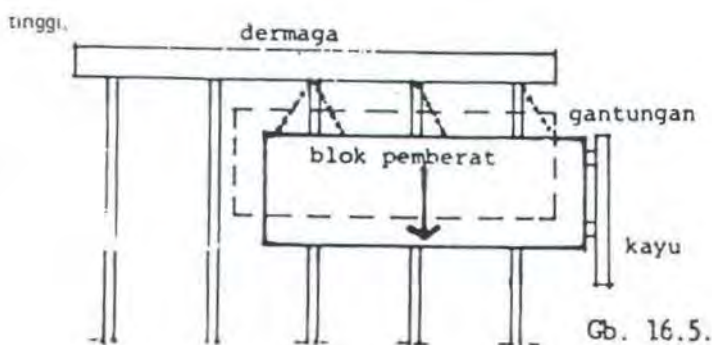
a. Rantai dilindungi karet



Gambar 2.5 Konstruksi fender rantai dilindungi karet (S.Karmadibrata, 1985)

b. Berbobot (suspended gravity fender)

Bentuk ini sudah jarang digunakan karena biaya pemeliharaan yang tinggi.



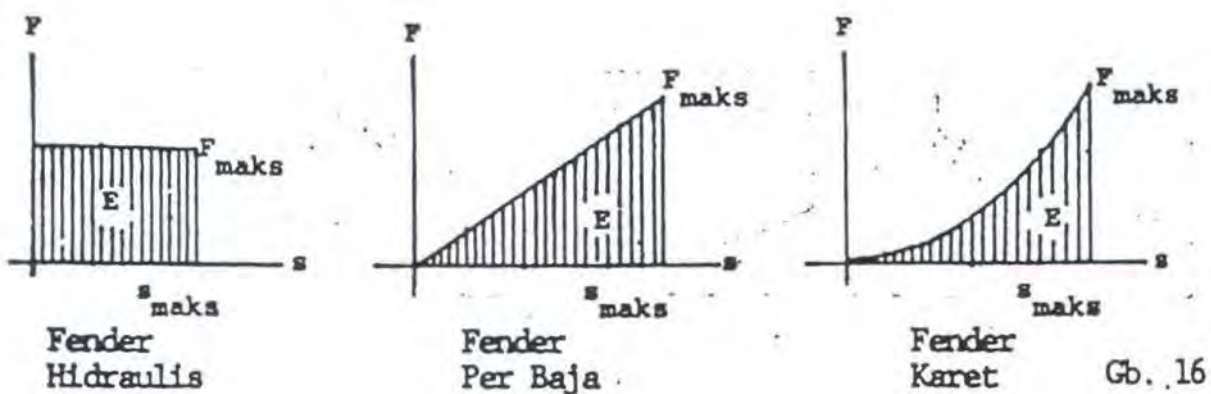
Gambar 2.6 Konstruksi Suspended Gravity Fender (S.Karmadibrata, 1985)

C Fender Bentur (Impact Fender)

Guna menyerap energi yang ditimbulkan akibat benturan kapal dengan dermaga, pada saat ini dikembangkan tiga jenis, yaitu :

1. Fender hidraulis (Hydraulic fender)
2. Fender per baja (Steel springs)
3. Fender karet (Rubber fender)

Dari hasil pengamatan, didapatkan besarnya penyerapan energi dari ketiga jenis sub sistem tersebut dilukiskan pada tabel 2.3, dengan sumbu vertikal menunjukkan besaran daya serap, sedangkan sumbu horisontal menunjukkan besaran deformasi dari setiap jenis fender.

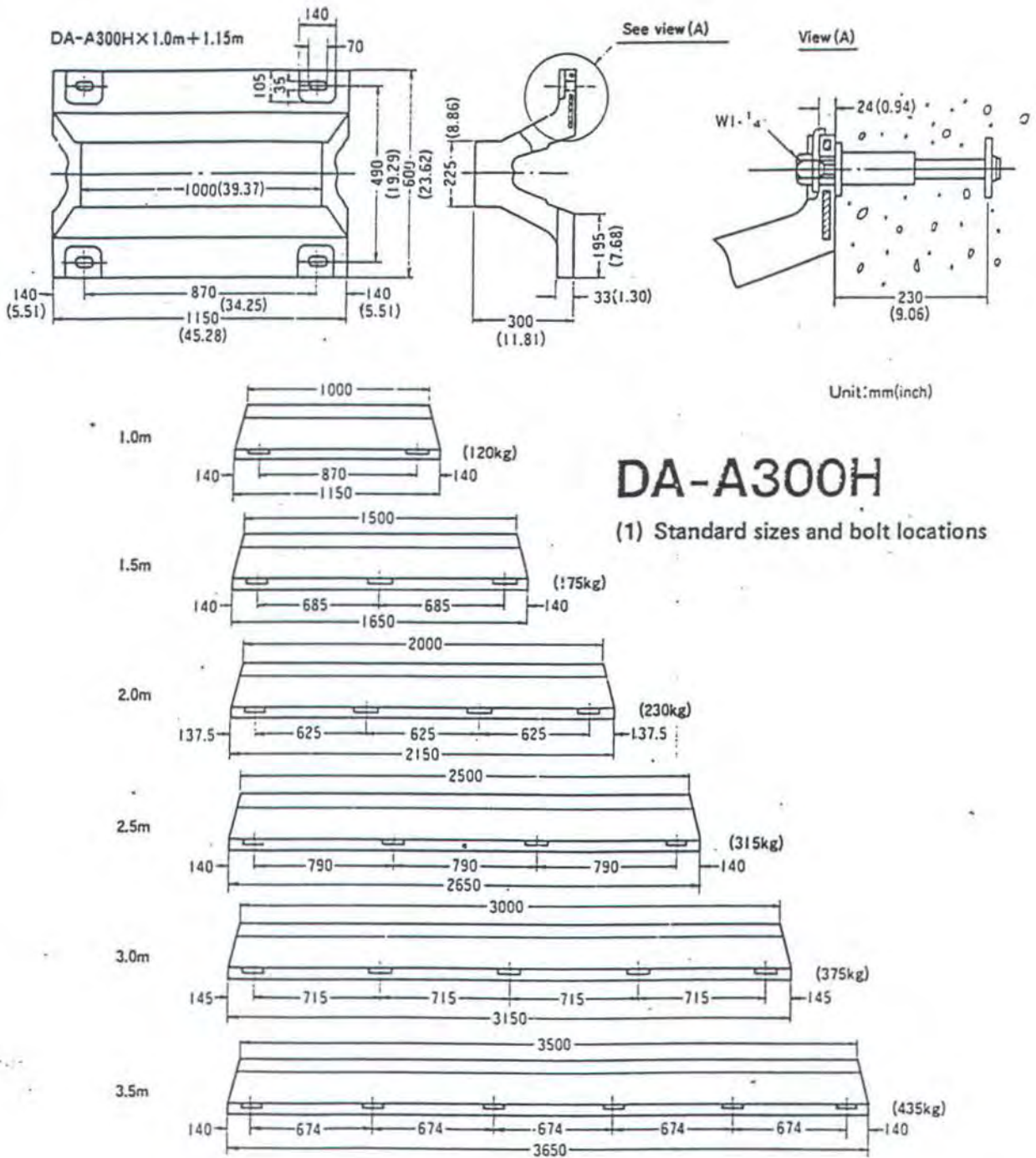


Grafik 2.2 Penyerapan energi dari tiga jenis fender (S.Karmadibrata, 1985)

Dari gambaran ketiga sifat penyerapan energi dari ketiga jenis fender tersebut , maka jenis fender hidrolik tidak bersifat elastis, sehingga kurang dipakai. Pada saat ini jenis fender karet lebih banyak digunakan karena relatif lebih ringan dan mudah pemasangannya. Bentuk fender jenis ini ada bermacam-macam antara lain berbentuk persegi panjang, silindris, tipe V, tipe H dan lain sebagainya, yang memiliki spesifikasi tertentu. Biasanya pada spesifikasi tersebut ditampilkan kurva penyerapan energi dari fender sehingga kemampuan penyerapan energi dari masing-masing jenis fender dapat diketahui dengan mengacu pada kurva tersebut.

Dalam suatu series fender umumnya memiliki beberapa tipe fender yang masing-masing memiliki rubber grade yang berbeda. Tingkatan rubber grade fender ditunjukkan oleh 2 huruf terakhir . Perbedaan rubber grade akan membedakan performance fender tersebut yang berarti pula bahwa fender tersebut memiliki kemampuan penyerapan energi yang berbeda.

Pada halaman berikut akan disajikan contoh spesifikasi fender beserta kurva penyerapan energi dari fender DA-A300H. Perhatikan bahwa rubber grade yang berbeda akan memberikan performa yang berbeda pula meskipun fender tersebut memiliki ukuran yang sama.



Gambar 2.7 Contoh gambar spesifikasi ukuran standar fender (Bridgestone, 1995)

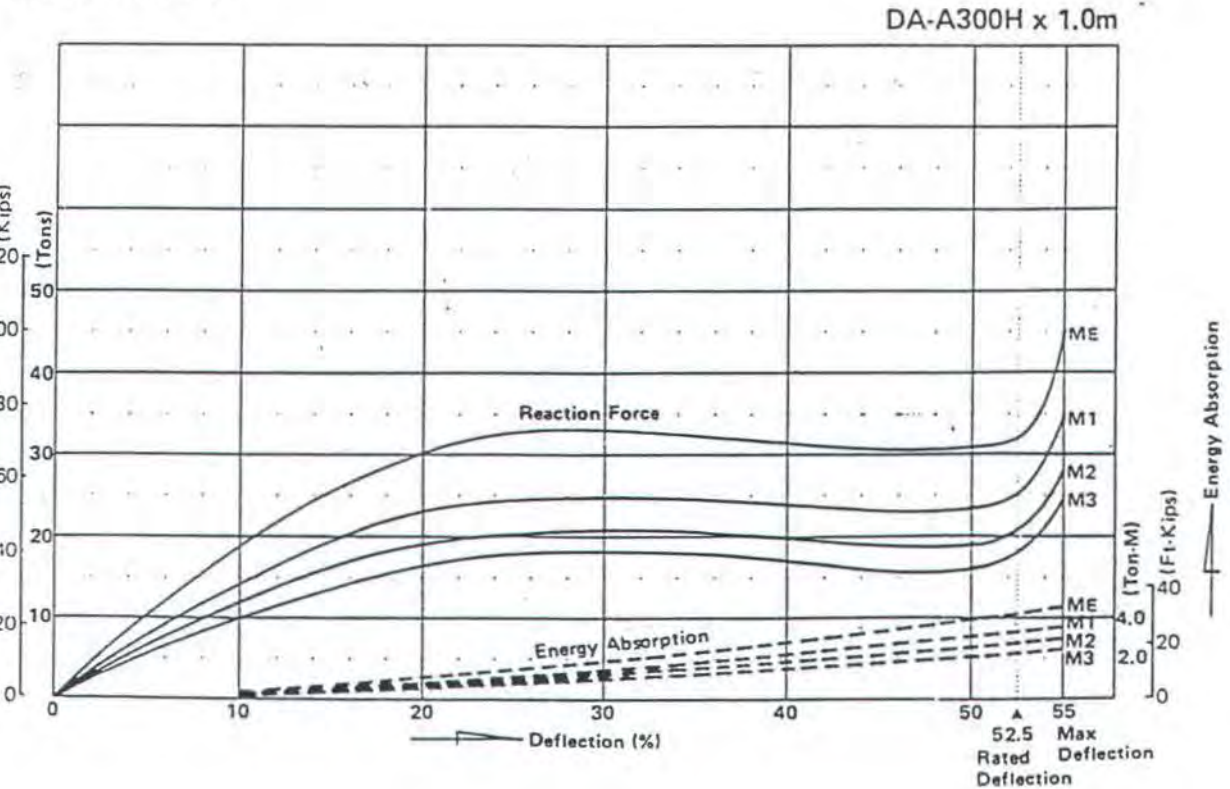
A-A300H

Performance

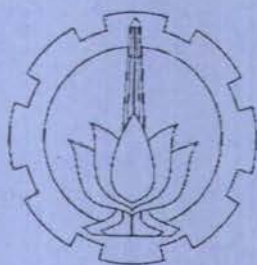
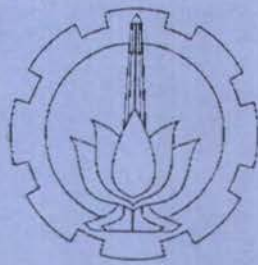
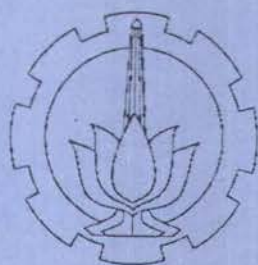
Per grade	ME				M1				M2				M3			
ction	52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%		52.5%		55%	
ormance	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
th(m)	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips
1.0	32.4 71.4	4.1 29.7	45.0 99.2	4.4 31.8	24.9 54.9	3.1 22.4	34.6 76.3	3.3 23.9	20.6 45.4	2.6 18.8	28.6 63.1	2.8 20.3	17.7 39.0	2.2 15.9	24.6 54.2	2.4 17.4
1.5	48.6 107.2	6.2 44.9	67.5 148.8	6.6 47.8	37.4 82.5	4.7 34.0	51.9 114.4	5.0 36.2	30.9 68.1	3.9 28.2	42.9 94.6	4.2 30.4	26.6 58.7	3.3 23.9	36.9 81.4	3.6 26.0
2.0	64.8 142.9	8.2 59.3	90.0 198.5	8.8 63.7	49.8 109.8	6.2 44.9	69.2 152.6	6.6 47.8	41.2 90.8	5.2 37.6	57.2 126.1	5.6 40.5	35.4 78.1	4.4 31.8	49.2 108.5	4.8 34.7
2.5	81.0 178.6	10.3 74.5	112.5 248.1	11.0 79.6	62.3 137.4	7.8 56.4	86.5 190.7	8.3 60.1	51.5 113.6	6.5 47.0	71.5 157.7	7.0 50.6	44.3 97.7	5.5 39.8	61.5 135.6	6.0 43.4
3.0	97.2 214.3	12.3 89.0	135.0 297.7	13.2 95.5	74.7 164.7	9.3 67.3	103.8 228.9	9.9 71.6	61.8 136.3	7.8 56.4	85.5 189.2	8.4 60.8	53.1 117.1	6.6 47.8	73.8 162.7	7.2 52.1
3.5	113.4 250.0	14.4 104.2	157.5 347.3	15.4 111.4	87.2 192.3	10.9 78.9	121.1 267.0	11.6 83.9	72.1 159.0	9.1 65.8	100.1 220.7	9.8 70.9	62.0 136.7	7.7 55.7	86.1 189.9	8.4 60.8

Reaction force E: Energy absorption Tolerance: $\pm 10\%$

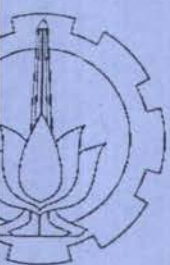
Performance Curve



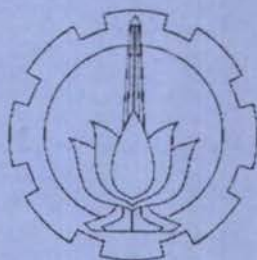
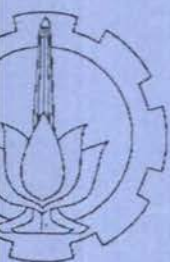
Tabel 2.2 Performance kurve (Bridgestone, 1995)



BAB III



DASAR TEORI



BAB III

DASAR TEORI

3.1 Berat Kapal

Dalam perhitungan energi bertambat yang akan diserap oleh sistem fender, adalah sangat perlu untuk mendefinisikan berat kapal. Tabel 3.1 menyajikan beberapa ekspresi daripada berat kapal yang di sadur dari *Bridgestone Marine Fender Catalogue (1995)*:

Four expressions of Vessel Weight	
Unit	Kind
Weight of vessel	Displacement Tonnage, Light weight
Mass of vessel	Gross Tonnage
Weight of Cargo	Dead-Weight Tonnage
Mass of Cargo	Net Tonnage

Tabel 3.1 Berat kapal (Bridgestone,1995)

3.1.1 Definisi Berat Kapal

- Gross Tonnage : Tonase yang dinyatakan oleh massa dari kapal.
- Dead Weight Tonnage : Tonase yang dinyatakan oleh berat aktual yang membebani kapal, seperti kargo, bahan bakar, tangki minyak, air minum , penumpang, dan

lain sebagainya. Hubungan antara Full Load Displacement (FLD), Light Weight (LW), dan Dead Weight (DW) adalah selalu :

$$FLD = LW + DW$$

- c . Displacement Tonnage : Tonnase yang dinyatakan oleh berat total daripada badan kapal , mesin, cargo serta seluruh material lain yang ada di dalamnya.

Dalam buku *Bridgestone Marine Fender Design Manual (1995)* disebutkan bahwa untuk perhitungan bobot kapal, digunakan Displacement Tonnage. Umumnya hubungan antara berat kapal dengan displacement Tonnage dinyatakan sebagai berikut :

Vessel	GT	DWT	DT
Freighter, Tanker	1	Approx. 1,5	Approx. 2
Passanger Ships	1	Approx. 0,85	Approx. 1
Container	1	Approx. 1,33	Approx. 2

Tabel 3.2 Hubungan berat kapal dan Displacement Tonnage (Bridgestone, 1995)

3.2 Konsep Energi Kinetik

Untuk dapat mengetahui besarnya energi bertambat kapal digunakan konsep energi kinetik sebagai dasar untuk menghitung besarnya energi bertambat kapal, berikut ini akan diuraikan konsep energi kinetik secara umum. Energi kinetik adalah besaran skalar. Energi kinetik benda yang sedang bergerak hanya bergantung pada kecepatannya dan bukan pada arah kemana benda itu bergerak.

Sears dan Zemansky (1969) memberikan perumusan umum untuk menghitung besarnya energi kinetik sebagai berikut :

$$E_K = \frac{1}{2}MV^2 \dots\dots\dots(3.1)$$

Menurut Quinn (1972), besarnya energi kinetik pada kapal diperoleh dengan mensubstitusikan $\frac{W}{g}$ untuk massa M sehingga didapatkan bahwa besar energi kinetik dari kapal adalah :

$$E_K = \frac{W}{2g}V^2 \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana : E_K : Energi kinetik kapal

W : Bobot kapal

V : Kecepatan

g : Gravitasi

Alonzo DeF .Quinn pada buku *Design and Construction of Ports and Marine Structures* (1972) , menyatakan bahwa pergerakan kapal pada saat bertambat akan mempengaruhi besarnya energi yang digunakan. Dinyatakan bahwa energi yang digunakan dalam pergerakan tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$E_1 = \frac{W}{2g} v^2 \times \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

E_1 : energi yang digunakan

W : bobot kapal= $W_1 + W_2$ (ton)

W_1 = Actual weight of ship

W_2 = Additional weight

v : kecepatan

g : gravitasi

l : jarak antara titik kontak dengan titik berat kapal

r : jari-jari girasi antara titik kontak dengan titik berat kapal

$$r = 1/4 \cdot L$$

L : Panjang kapal

E_k : energi kinetik

E_i : energi yang digunakan

Dari persamaan tersebut diatas, Quinn (1972) menyatakan bahwa energi bertambat efektif akan didapat apabila energi kinetik dikalikan dengan suatu faktor yang disebut dengan faktor eksentrisitas :

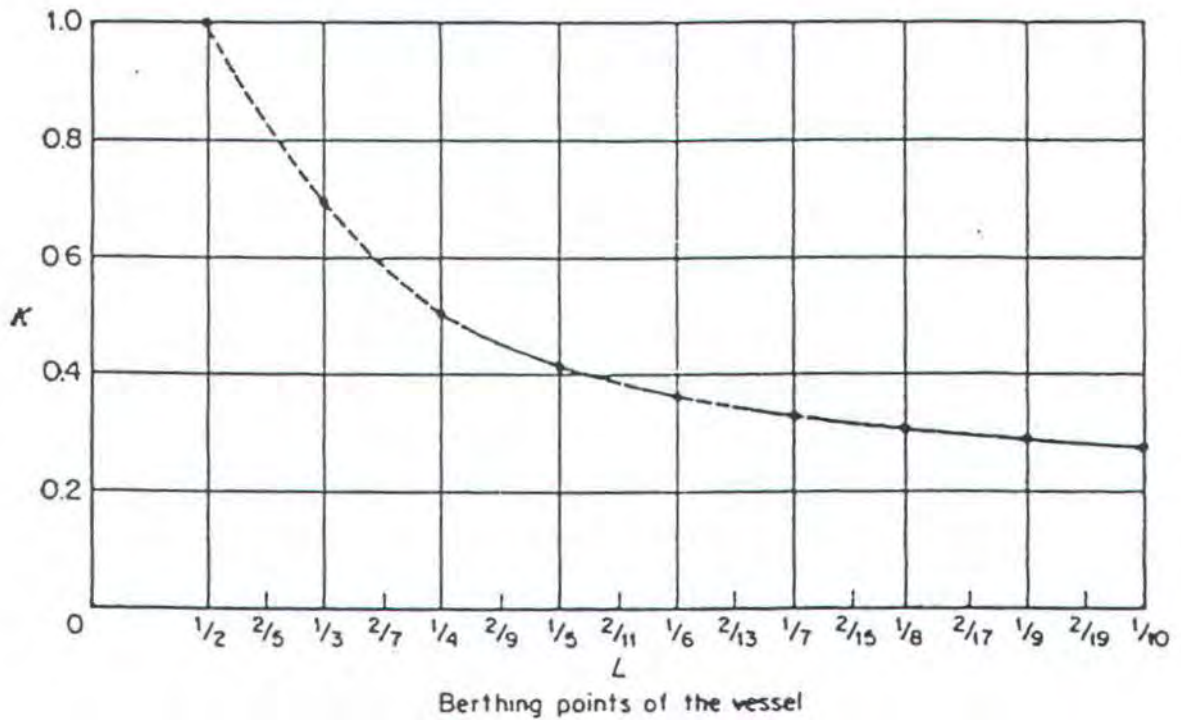
$$E = \frac{W}{2g} v^2 \times \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$E = E_k \times C_e \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\text{dimana } C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \dots\dots\dots(3.8)$$

Faktor eksentrisitas ini berubah-ubah sesuai dengan titik kontak kapal dengan dermaga pada saat akan bersandar.

Untuk mempermudah perhitungan, nilai C_e dapat digambarkan secara grafis oleh Quinn (1972) sebagai berikut :



Grafik 3.1 Faktor Eksentrisitas (Karmadibrata, 1985)

Mengacu pada *Japanese National Section of PIANC* (1980)

Persamaan (3.6) dapat pula dinyatakan sebagai berikut :

$$E = \frac{W_1}{2g} V^2 \times C_E \times C_M \dots\dots\dots (3.9)$$

Bridgestone (1995) menyebutkan B.F. Saurin telah menentukan secara eksperimen di Finnart, Scotland bahwa harga C_M (Mass Factor)

adalah 1.3 yang mana nilai tersebut lebih kecil daripada nilai teoritis yang ditentukan berdasar formula additional weight W_2 :

$$C_M = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \dots\dots\dots (3.10)$$

Estimasi bobot dari kapal dinyatakan (W) dinyatakan sebagai :

$$W = W_1 \times C_M = 1.3 W_1 \dots\dots\dots (3.11)$$

3.4 Koefisien Hidrodinamis

Menurut Vasco Costa, koefisien Hidrodinamis (C_H) dapat dihitung dengan formula berikut :

$$C_H = 1 + \frac{2D}{B} \dots\dots\dots (3.12)$$

Dimana D : Sarat kapal

B : Lebar kapal

Estimasi bobot kapal (w) adalah :

$$W = W_1 \times C_H = W_1 \times \left(1 + \frac{2D}{B}\right) \dots\dots\dots (3.13)$$

3.5 Beberapa Formula untuk Perhitungan Energi Bertambat

Bridgestone (1995) memberikan beberapa formula untuk menghitung besarnya energi bertambat efektif telah diterapkan dan formula-formula di bawah ini adalah merupakan formula-formula yang paling sering digunakan :

FORMULA I

$$E = \frac{(W_1 + W_2) \times v^2}{2g} \times K \dots \dots \dots (3.14)$$

dimana ;

E : Energi bertambat efektif (ton.m)

W_1 : Displacement tonnage (ton)

W_2 : Additional Weight (ton)

V : Kecepatan tambat (m/sec)

g : Percepatan gravitasi (9.8 m/sec)

K : Faktor Eksentrisitas

FORMULA II

$$E = \frac{1}{2g} \times W \times V_n^2 \times C_E \times C_H \times C_S \times C_C \dots \dots \dots (3.15)$$

dimana;

E : Energi bertambat efektif (ton.m)

W : Displacement (ton)

V_n : Kecepatan normal translasi (m/sec)

C_H : Koefisien Hidrodinamis

C_S : Softness Coefficient (0.9)

C_c : Koefisien Konfigurasi (0.8 ~ 0.9)

C_E : Faktor Eksentrisitas (0.5)

FORMULA III

$$E = \frac{W_1 \times V^2}{2g} \times C_M \times C_s \times C_E \dots \dots \dots (3.16)$$

Dimana;

E : Energi bertambat efektif (ton.m)

W_1 : Displacement tonnage (ton)

V : Kecepatan tambat (m/sec)

g : Percepatan gravitasi (9.8 m/sec)

C_M : Faktor massa (1.3)

C_S : Soffness Coefficient (0.9)

C_E : Faktor Eksentrisitas (0.5)

FORMULA IV

Formula ini dikembangkan oleh Charles T. Jahren dan Ralph Jones (1996), setelah melakukan observasi di Edmonds Ferry Terminal di Seattle, USA, terhadap 568 kejadian bertambat kapal. Meskipun dalam papernya disebutkan bahwa kondisi ini khusus untuk pada lokasi tersebut, kiranya dapat dijadikan pertimbangan dalam perencanaan. Hasil observasi yang dilakukan Jahren (1996) dapat dilihat pada tabel-tabel berikut :

Descriptor (1)	APPROACH VELOCITY [m/s (ft/sec)]									
	Combined Distribution (568 Events)		MV Yakima Summer Runs (200 Events)		MV Yakima Winter Runs (108 Events)		MV Hyak Summer Runs (152 Events)		MV Tillamook Winter Runs (50 Events)	
	Total (2)	Perpendicular (3)	Total (4)	Perpendicular (5)	Total (6)	Perpendicular (7)	Total (8)	Perpendicular (9)	Total (10)	Perpendicular (11)
Standard deviation	0.18 (0.58)	0.13 (0.44)	0.18 (0.59)	0.13 (0.43)	0.18 (0.58)	0.14 (0.45)	0.18 (0.59)	0.13 (0.43)	0.17 (0.57)	0.13 (0.43)
	0.05 (0.18)	0.06 (0.19)	0.06 (0.19)	0.06 (0.20)	0.05 (0.18)	0.05 (0.18)	0.05 (0.17)	0.07 (0.22)	0.05 (0.17)	0.05 (0.16)
	0.17 (0.57)	0.14 (0.45)	0.18 (0.58)	0.14 (0.47)	0.17 (0.56)	0.15 (0.50)	0.17 (0.57)	0.14 (0.45)	0.17 (0.56)	0.14 (0.45)
	0.24 (0.80)	0.20 (0.65)	0.26 (0.85)	0.19 (0.63)	0.24 (0.80)	0.20 (0.65)	0.25 (0.83)	0.21 (0.69)	0.24 (0.78)	0.18 (0.60)
	0.28 (0.91)	0.23 (0.75)	0.29 (0.96)	0.23 (0.75)	0.27 (0.90)	0.23 (0.75)	0.26 (0.85)	0.21 (0.70)	0.26 (0.84)	0.21 (0.70)

Tabel 3.2 Distribusi kecepatan pendekatan (Journal of Waterway, 1996)

TABLE 2. Berthing Energy Observations

Descriptor (1)	$q(E_s)$		$q(E_v)$		$q(C_{sep})^*$ (6)
	kN·m (2)	kip·ft (3)	kN·m (4)	kip·ft (5)	
Average	5.8	4.3	44.4	32.8	0.15
50th percentile (median)	2.8	2.1	38.7	28.6	0.11
75th percentile	12.5	9.2	16.5	45.4	0.30
Maximum	42.1	31.1	139.7	103.1	1.09

^a $q(C_{sep}) \neq q(E_s)/q(E_v)$ because the n th percentile C_{sep} did not necessarily result from the n th percentile E_s and the n th percentile E_v .

Tabel 3.3 Energi bertambat hasil observasi (Journal of Waterway,1996)

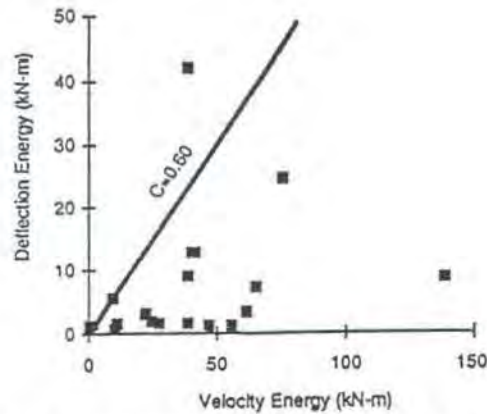


FIG. 6. Deflection Energy versus Velocity Energy

Grafik 3.2 Deflection energy versus Velocity energy (Journal of Waterway,1996)

Energy bertambat (E_s) di estimasi dari pengukuran defleksi yang terjadi pada 18 kejadian. Range pengukuran berkisar antara 0,41 hingga 42 KN.M. E_{ss0} adalah sebesar 2,85 KN.M. Harga energi bertambat yang diperoleh dari pengukuran kecepatan berkisar antara 9,5 hingga 140

KN.M, E_{v50} adalah 38,8 KN.M. C_{exp} berkisar antara 0,02 hingga 1.09 (kecuali untuk satu keadaan energinya sangat rendah dimana $C=2.75$ dan $E_v=0,04$ Ton-M) C_{Exp50} adalah 0,11. Scatter plot menunjukkan E_s terhadap E_v untuk setiap kejadian. Garis yang ditandai $C=0,60$ disajikan sebagai batas atas keseluruhan kejadian kecuali untuk satu kejadian teratas. Selanjutnya dikembangkan suatu metode dalam desain sistem fender. Energy bertambat desain dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E_d = CeCmCcCs\frac{1}{2}\left(\frac{W}{g}\right)(FvVn)^2 \dots\dots\dots (17a)$$

dimana;

Vn = kecepatan pendekatan yang melebihi n persen pada $q(V)$
(Distribusi probabilitas terhadap kecepatan pendekatan bagi kejadian normal)

Fv = Faktor keamanan yang didasarkan pada kecepatan pendekatan.

g = percepatan gravitasi.

Ce = Faktor eksentrisitas (0,20 untuk eccentric impact dan 1,0 untuk noneccentric impact)

Cm = Faktor massa (1,0 untuk gerakan axial dan clearance keel besar.
2,0 untuk gerakan menyamping dan clearance keel kecil)

C_s = Soffness Coefficient (0.9)

C_e = Koefisien Konfigurasi (0.8 0.9) .

Faktor keamanan dapat dilihat pada tabel berikut ini . Perlu diperhatikan bahwa faktor keamanan tergantung pada type konstruksi.

TABLE 3. Safety Factors

Type of construction (1)	Safety factor (2)	Remarks (3)
Steel ^a		
Tension	1.67–2.22 (0.45 f_y to 0.60 f_y)	Allowable stress design
Shear	2.5 (0.40 f_y)	
Bending	1.33–1.67 (0.60 f_y to 0.75 f_y)	
Steel ^b		
Dead load	1.2 ^c	Load and resistance factor design
Live load	1.5 ^c	
	Stress reduction factor from ultimate stress is 0.90 in most cases.	
Concrete ^d		
Dead load	1.4 ^e	Load and resistance factor design
Live load	1.7 ^e	
	Stress reduction factor from ultimate stress is 0.85 for shear and 0.90 for bending	
Cellular cofferdam ^f		
Permanent loads	1.5 to 3.0	Depending on failure mode
Temporary loads	1.25 to 3.0	
Seismic load	1.1 to 1.5	
Wire rope ^g		
Rigging and hoisting	3.0 to 5.0	—

^aManual (1989).^bManual (1986).^cStress reduction factor from ultimate stress is 0.90 in most cases.^dACI (1979).^eStress reduction factor from ultimate stress is 0.85 for shear and 0.90 for bending.^fDesign (1989).^gWire (1981).

Tabel 3.4 Faktor keamanan (Journal of Waterway, 1996)

Sebagai alternatif, energy bertambat desain dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$Ed = \left[CeCmCcCs \frac{1}{2} \left(\frac{W}{g} \right) V_n^2 \right] Fe \dots \dots \dots (17b)$$

dimana Fe adalah faktor keamanan berdasar energy bertambat. Catatan bahwa untuk desain yang equivalen $Fe = F_v^2$ Kecepatan pendekatan ternyata lebih intuitive sifatnya daripada energy bertambat.

Harga F dapat dipilih pada tabel di atas dengan meninjau faktor keamanan lainnya yang bersesuaian. Faktor keamanan yang lebih besar digunakan bila beban ataupun kekuatan struktur tidak dapat diperkirakan, atau jika konsekuensi kegagalan lebih tinggi daripada yang diperkirakan.

atau jika konsekuensi kegagalan lebih tinggi daripada yang diperkirakan. Sebagai contoh, wire rope pelengkap menuntut faktor keamanan 3 - 5. Kekuatan wire rope tidak dapat dipastikan karena bagian yang mengalami kelelahan adalah pada bagian yang mengalami penekukan pada pulley, dan akibat pengaruh buruk lingkungan sekitarnya. Pembebanan yang terjadi menjadi tidak pasti karena pengaruh komponen yang dinamis tergantung pembebanan yang terjadi. Berlawanan dengan keadaan dimana faktor keamanan untuk desain struktur concrete lebih rendah karena kekuatan dari struktur tersebut dapat diketahui dan pekerjaan desain menuntut pengalaman terhadap material yang digunakan. Dalam desain, $F = 2,0$ dapat dijadikan sebagai titik awal yang memungkinkan. Harga ini merupakan harga tengah dari range yang ditampilkan pada tabel di atas. Berikut ini akan diberikan hal-hal yang perlu diperhatikan dan akan sangat membantu dalam pemilihan faktor keamanan :

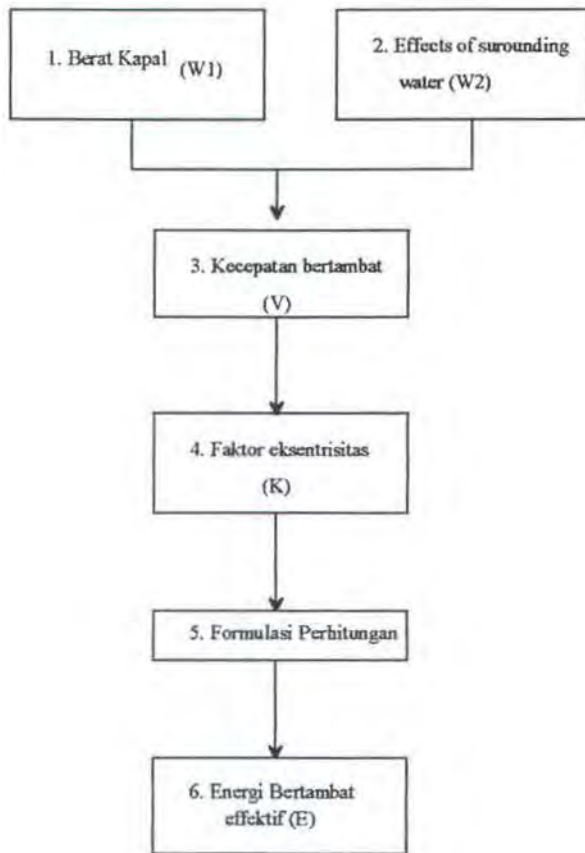
1. Perlu diketahui tentang distribusi kecepatan pendekatan bagi kejadian yang tidak lazim. Hal ini sebagai pertimbangan untuk menggunakan faktor keamanan yang lebih besar.
2. Ketergantungan terhadap merapatnya ferry dalam jumlah besar yang tidak lazim dibandingkan terhadap fasilitas pelabuhan lainnya, sebagai pertimbangan faktor keamanan yang lebih besar.

3. Fasilitas yang mungkin dapat difungsikan setelah ferry merapat dengan kecepatan melebihi kecepatan desain karena kekuatan material dapat melebihi kekuatan desain atau karena tingkat kegagalan yang kecil kemungkinan tidak akan merusak fungsi daripada fasilitas tersebut, dapat dijadikan pertimbangan dalam pemilihan faktor keamanan yang lebih kecil.
4. Persoalan mengenai keselamatan tidak memungkinkan untuk dilibatkan dalam kondisi ini. Hal ini dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk menggunakan faktor keselamatan yang lebih kecil.

Dengan berbagai argumentasi penggunaan faktor keamanan yang lebih besar atau lebih kecil yang terkadang berbeda, faktor keamanan F ditentukan sama dengan 2,0.

3.6 Diagram Alir Perhitungan Energi Bertambat

Dalam perhitungan energi bertambat, *Bridgestone (1995)* memberikan suatu bentuk diagram alir berdasarkan penjelasan yang telah diberikan sebelumnya, yang dapat dijadikan acuan dalam melakukan perhitungan energi bertambat. *Bridgestone* menggambarkan bahwa perhitungan energi bertambat umumnya mengikuti aliran diagram sebagai berikut:

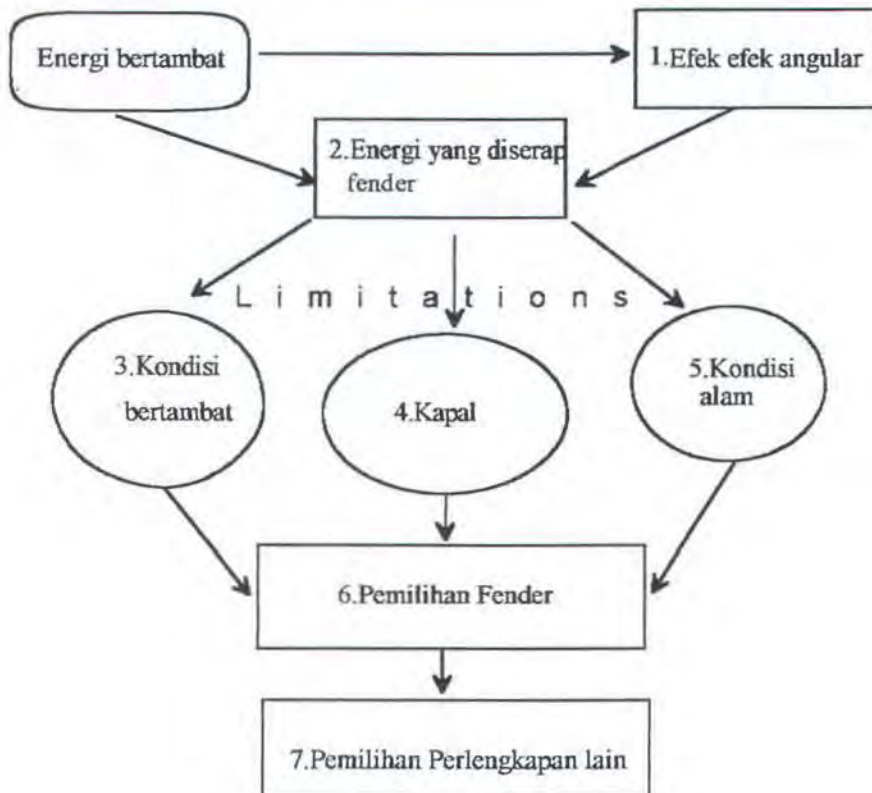


Gambar 3.1 diagram alir perhitungan energi bertambat (Bridgestone ,1995)

3.7 Perencanaan Sistem Fender

Dalam perencanaan suatu sistem fender, *Bridgestone* (1995) juga memberikan suatu diagram alir yang menggambarkan aliran proses perencanaan sistem fender. Diagram alir dibawah ini diharapkan dapat mempermudah pemahaman tentang suatu proses perencanaan

sistem fender. Aliran proses tentang perencanaan sistem fender dibawah ini dikutip dari Bridgestone Marine Fender Catalogue (1995) :



Gambar 3.2 diagram alir perencanaan sistem fender (Bridgestone,1995)

3.7.1 Efef-Efek Angular

Pada saat pendekatan angular diharapkan, perlu dipertimbangkan kehilangan energi pada sistem yang disebabkan karena defleksi non uniform dan penyerapan energi oleh setiap fender pada sistem tersebut.

Kehilangan energi (*energi loss*) dapat terjadi dibawah pendekatan angular dan harus dipertimbangkan dalam analisa. Sudut pendekatan didefinisikan sebagai suatu sudut yang dibentuk oleh hull dari kapal terhadap struktur tambatan dan tidak tergantung pada arah pergerakan kapal.

Pada struktur dolphin dan suatu super struktur tambat bagi kapal - kapal besar, pengaruh angular compression pada fender umumnya dipertimbangkan dalam perencanaan, tetapi pada kasus continuous wharf dimana beberapa fender dipasang pada jarak tertentu, pengaruh ini umumnya tidak dipertimbangkan. Menurut hasil pengamatan sudut bertambat pada banyak kasus kurang dari 3 derajat dan maksimum 6 derajat.

3.7.1.1 Penentuan sudut bertambat

Bridgestone (1995) memberikan suatu bentuk tabel yang menunjukan data-data pengukuran dari beberapa kasus mengenai sudut bertambat.

Data pada tabel tersebut menunjukan bahwa sebagian besar dari sudut bertambat adalah kurang dari 5 derajat, beberapa diantaranya,

adalah maksimum 6 derajat. Dengan demikian disarankan digunakan sudut bertambat 6 derajat dalam desain demi keamanan.

Table 7. Berthing angle

Case 1: Berth located in harbor at which operating conditions are moderate. Case 2: Berth facing open-sea at which operating conditions are relatively severe. Case 3: Open-sea berth at which operating conditions are severest.						
Operating conditions	Berths	Ship size (DWT)	Berthing	Berthing angle (deg)		
				Range	Average	Number of data
Case 1	T company (K berth)	75,000 ~ 250,000	First impact	0° ~ 5°40'	2°	19
	T company (S berth)	50,000 ~ 245,000	"	0° ~ 2°30'	50'	15
	N company (No. 3)	21,000 ~ 280,000	"	50' ~ 4°10'	1°25'	14
	N company (No. 4)	160,000 ~ 480,000	"	50'	50'	5
	N company	60,000 ~ 170,000	"	0° ~ 40'	30'	9
Case 2	K company	155,000 ~ 250,000	"	50' ~ 20°10'	1°25'	6
	O company	100,000 ~ 250,000	"	0° ~ 3°50'		22
Case 3	I company	100,000 ~ 220,000	"	0° ~ 5°10'	1°30'	7

Tabel 3.5 Sudut bertambat (Bridgestone, 1995)

3.7.1.2 Angular Correction Factor

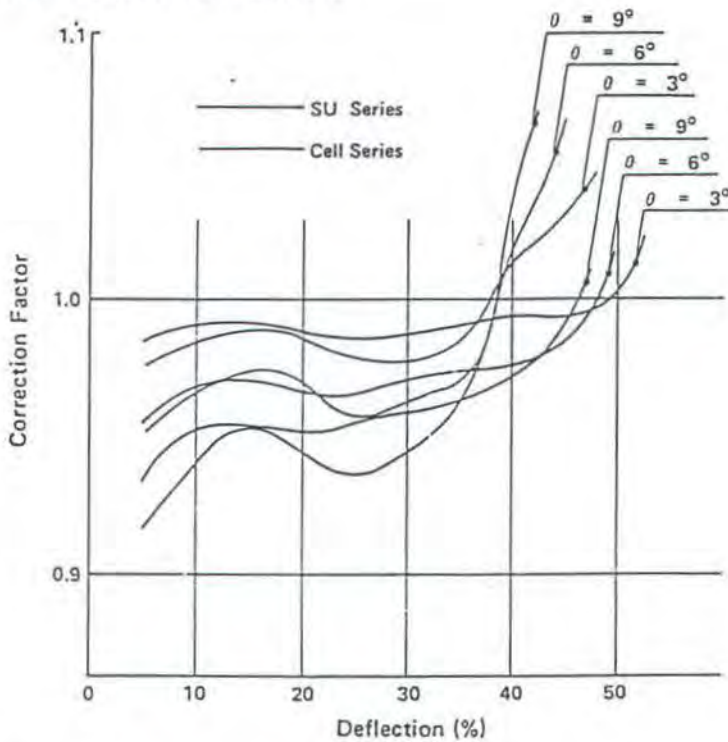
Bridgestone (1995) menyarankan agar dalam perencanaan suatu sistem fender, faktor koreksi untuk pembebanan angular dijadikan sebagai salah satu pertimbangan.

Faktor koreksi adalah rasio antara gaya reaksi (R) dan besarnya penyerapan energi (E) pada sudut θ , dibagi besarnya nilai yang berhubungan pada sudut 0° (nol derajat). Hal tersebut dapat diterapkan pada beberapa fender dari series fender tersebut.

Dibawah pembebanan angular, gaya reaksi dan penyerapan energi yang terjadi dikurangkan terhadap nilai yang didapat dari kurva normal compression.

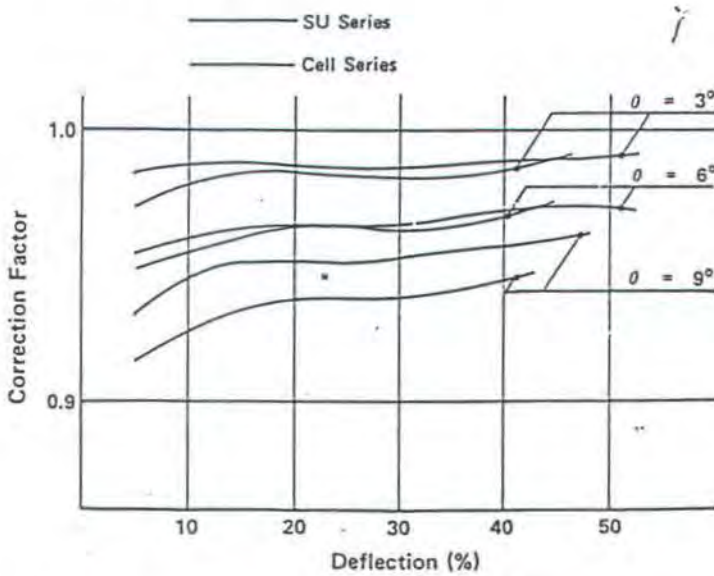
Untuk koreksi kurva normal compression pada pembebanan angular, harus ditentukan defleksi pada fender yang terjadi di bawah pembebanan angular dalam persen. Perlu diperhatikan bahwa defleksi yang terjadi adalah pada garis tengah fender bagi sebuah single fender. Berikut ini diberikan contoh grafik yang dijadikan acuan dalam menentukan faktor koreksi.

Fig 17. Correction Factor for Reaction Force



Grafik 3.3 Faktor Koreksi untuk gaya reaksi (Bridgestone, 1995)

Fig 18. Correction Factor for Energy Absorption



Grafik 3.4 Faktor Koreksi untuk penyerapan energi (Bridgestone, 1995)

3.7.2 Performa Fender

Bridgestone (1995) menyatakan bahwa performa dari suatu fender ditentukan oleh efek angular. Performa terhadap efek angular diperoleh dengan mengalikan Normal Performance pada sudut $\theta = 0^\circ$ terhadap faktor koreksi. Nilai yang diperoleh harus lebih besar atau sama dengan Energi bertambat efektif, yang dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini :

$$E > E_a \quad \dots\dots\dots(3.18a)$$

$$E_a = E_n \times F_{ae} \quad \dots\dots\dots(3.18b)$$

Dimana;

Dimana;

E =Energi bertambat efektif

E_a =Energi yang diserap pada tekanan angular

E_n =Energi yang diserap pada tekanan normal

F_{ae} =Faktor koreksi angular untuk menentukan penyerapan energi

Rumus berikut dapat pula digunakan bila ada batasan-batasan dari gaya reaksi terhadap kondisi tertentu :

$$R_{ma} > R_n \text{ dan } R_{ma} > R_a \dots\dots\dots(3.19)$$

Dimana:

R_{ma} = Gaya reaksi maksimum yang diijinkan

R_n = Gaya reaksi pada tekanan normal

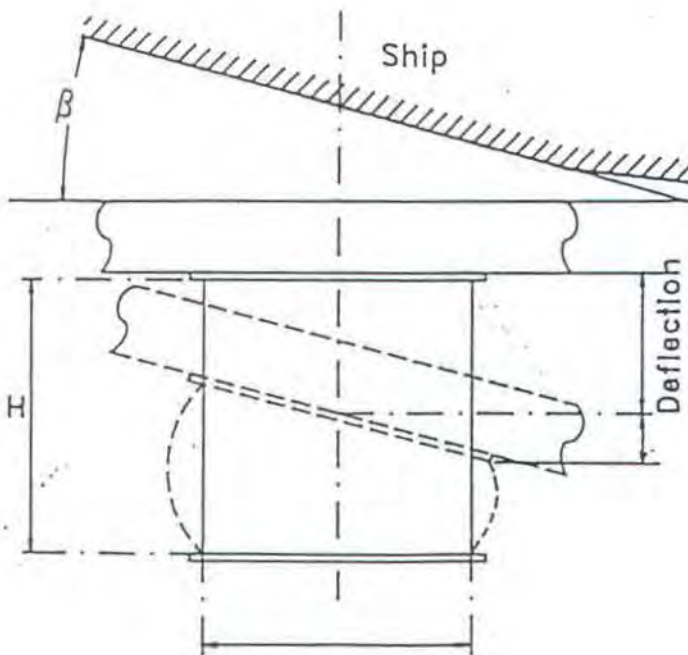
R_a = Gaya reaksi pada tekanan angular

$$R_a = R_n \times F_{ar}$$

F_{ar} = Faktor koreksi angular terhadap gaya reaksi

Dengan mengetahui besarnya defleksi dan sudutnya, maka akan didapat besarnya faktor koreksi bagi gaya reaksi dan penyerapan energi. Dengan mengalikan nilai R dan E yang didapat dari kurve Normal Compression dengan faktor koreksi maka akan didapat nilai yang sebenarnya.

Perlu diperhatikan bahwa toleransi dari gaya reaksi dan penyerapan energi untuk pembebanan angular adalah plus-minus 15% dan arah tekanan terhadap fender adalah sebagai berikut :



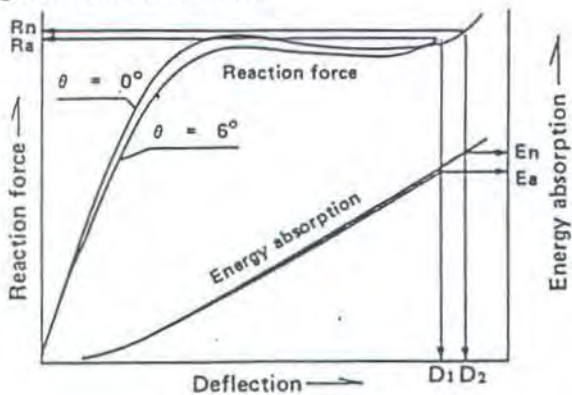
Gambar 3.3 Arah tekanan terhadap fender (Bridgestone,1995)

3.7.2.2 Tahap-Tahap Pemeriksaan Performa Suatu Fender

Pemeriksaan performa suatu fender perlu dilakukan karena penyerapan energi oleh suatu fender ditentukan berdasarkan performance kurve fender tersebut. Bridgestone (1995) memberikan langkah-langkah pemeriksaan performa dari suatu fender adalah sebagai berikut :

1. Pertama, Pilihlah sebuah fender yang memiliki penyerapan energi pada tekanan normal lebih besar daripada besarnya energi bertambat efektif (E).
2. Bacalah besarnya harga E_n pada Maximum allowable deflection untuk sudut tertentu dari kurve performance normal pada table of performance dan kalikan E_n dengan F_{ae} yang didapat dari maximum allowable deflection. Harga tersebut ($E_n \times F_{ae}$) adalah penyerapan energi pada tekanan angular.
3. Dengan cara yang sama, harga R_a dapat ditentukan dengan menggunakan normal performance curve dan harga F_{ar} pada maximum allowable deflection untuk sudut tertentu.
4. Bila harga E_a , R_a dan R_n tidak diperoleh dengan persamaan diatas, hendaknya dipertimbangkan fender yang lain dengan ukuran dan rubber grade yang berbeda.

Fig 19. Performance Curve



D_1 : The max. deflection at angular compression
 D_2 : Rated deflection at normal compression

Gambar 3.4 Performance Curve (Bridgestone,1995)

3.7.3 Batasan pada Kondisi Bertambat

Beberapa keterbatasan pada kondisi bertambat harus dipertimbangkan dalam pemilihan sistem fender . Bridgestone (1995) menyatakan bahwa batasan-batasan tersebut adalah :

1. Gaya reaksi maksimum ijin
2. Kemungkinan Area Instalasi
3. Tinggi maksimum fender
4. Adaptasi terhadap wharf yang ada

3.7.3.1 Gaya Reaksi Maksimum Ijin

Tipe daripada tambatan kemungkinan akan memberikan variasi dalam gaya reaksi yang diijinkan, khususnya tambatan yang menggunakan pile fender untuk menempatkan fender. Pada kasus yang demikian, perancang akan memberikan batasan dalam reaksi maksimum yang diijinkan bergantung pada kemampuan pile tersebut untuk menerima impact yang timbul akibat gerakan kapal. Dalam perencanaan sistem fender, gaya reaksi yang diijinkan untuk fender yang dipilih harus kurang daripada gaya reaksi maksimum yang diijinkan (R_{ma}). Sebagai contoh, misalnya gaya reaksi maksimum yang diijinkan (R_{ma}) adalah 200 Tons, maka gaya reaksi yang diijinkan untuk fender yang dipilih haruslah lebih kecil daripada 200 Tons. Hal penting untuk diperiksa dalam perencanaan adalah normal reaction force (R_n) dan angular reaction force (R_a), dengan hubungan sebagai berikut :

$$R_{ma} > R_n$$

$$R_{ma} > R_a$$

Harga untuk R_n dan R_a dapat diperoleh dari table of performance untuk masing-masing fender. Dari tabel tersebut dapat dilihat besarnya harga gaya reaksi, gaya reaksi maksimum, besarnya penyerapan energi, serta besarnya penyerapan energi dari masing-masing fender dengan tolerance tertentu. Besarnya harga R_a diperoleh dengan mengalikan harga R_n

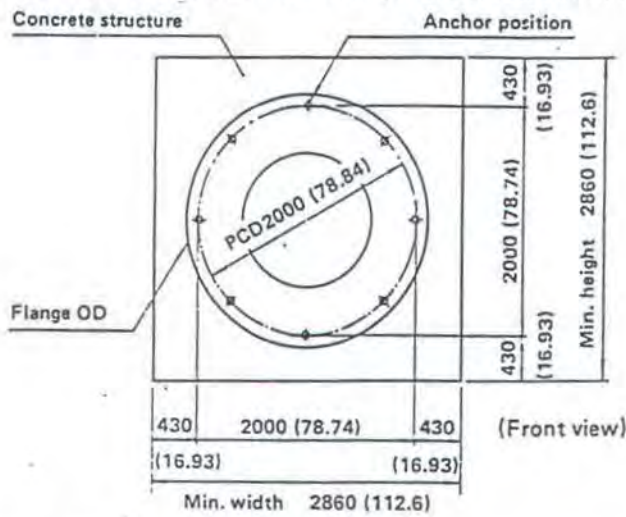
untuk defleksi tertentu dengan faktor koreksi F_R . Harga R_n untuk defleksi tertentu dapat dilihat pada Performance curve bagi masing-masing fender.

Berdasarkan pertimbangan diatas, dengan mengetahui harga gaya reaksi maksimum yang diijinkan, dapat dipilih fender yang bereffisiensi tinggi dalam penyerapan energi.

3.7.3.2 Kemungkinan Area Instalasi

Installation area yang dimaksud disini adalah dimensi ruang yang diperlukan untuk pemasangan fender. Dimensi yang diperlukan bagi pemasangan fender tersebut tergantung dari dimensi fender yang akan dipasang. Bila installation area dibatasi oleh ketebalan dari wharf, dan sebagainya, sistem fender harus memiliki tata letak yang kompak pada area yang minimum, serta memenuhi persyaratan-persyaratan yang diminta. Area minimum yang dibutuhkan bagi pemasangan fender adalah sama dengan atau lebih besar daripada area dari flange fender tersebut. Jadi disesuaikan dengan spesifikasi fender tersebut, seperti ditunjukkan pada gambar pada halaman berikut ini :

Fig 22. Min. required area for the Super Cell fender SUC2000H



III - 30
Anchor length = 430mm (16.93")
Unit: mm (inch)

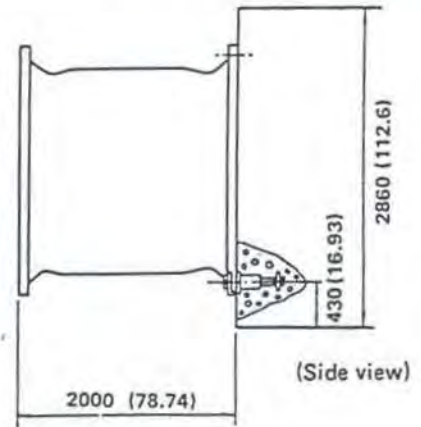
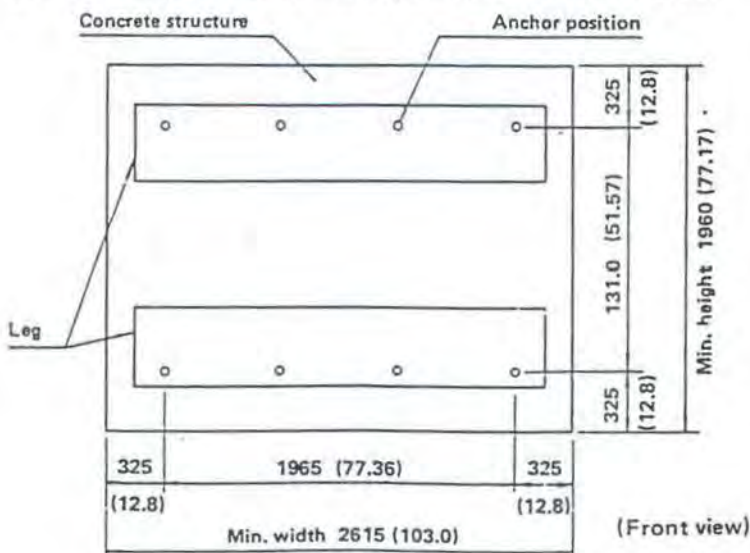
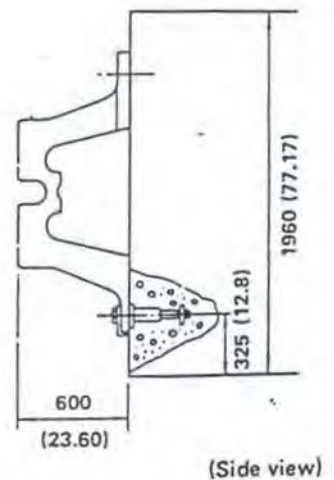


Fig 23. Min. Required area for free Super M fender SM600H x 2.0M



anchor length 325mm (12.8")
Unit: mm (inch)

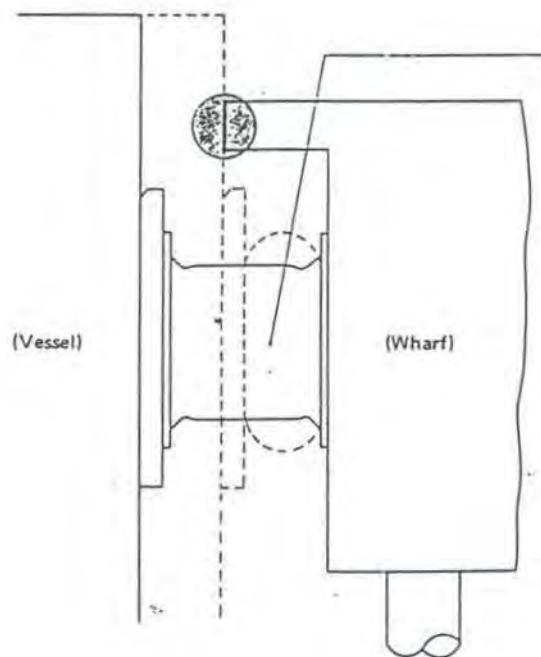


Gambar 3.5 Minimum Installation Area (Bridgestone,1995)

3.7.3.3 Tinggi Maksimum Fender

Pada beberapa kasus, adakalanya fender menerima beban sedemikian rupa sehingga fender mengalami tekanan diatas defleksi desain. Pada kondisi seperti ini, ketinggian fender akan sangat berpengaruh. Mengingat bahwa fender memiliki ketinggian maksimum

tertentu yang sesuai dengan spesifikasi dari pembuatnya, maka sangatlah penting untuk merencanakan suatu sistem fender dimana diusahakan agar kapal tidak menumbuk wharf bila sistem tersebut mengalami tekanan diatas defleksi fender dalam perencanaan, seperti yang ditunjukkan oleh gambar dibawah ini :

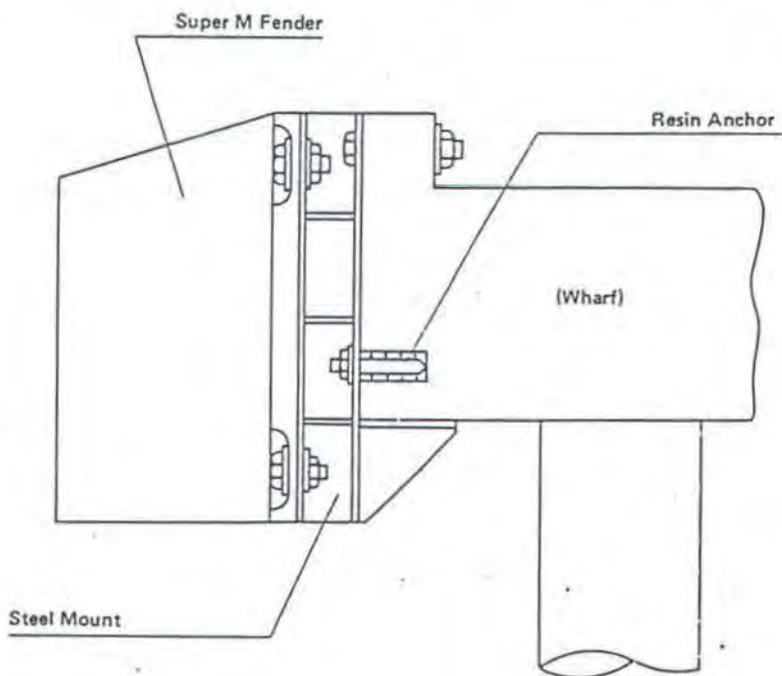


Gambar 3.6 Fender saat mengalami tekanan diatas defleksi (Bridgestone (1995))

3.7.3.4 Adaptasi terhadap Wharf yang ada

Banyak wharf tua konvensional memiliki fender kayu pada dindingnya. Jika ingin merubahnya dengan rubber fender, beberapa hal perlu dipertimbangkan, khususnya mengenai pemasangan fender

tersebut. Dalam pemasangannya, sangat diperlukan pengalaman dari perancang karena harus disesuaikan dengan kondisi wharf yang ada kecuali jika dimungkinkan untuk merubahnya. Pada kasus ini, umumnya dipasang perlengkapan tambahan sehingga pemasangan fender pada wharf tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan. Salah satu contohnya adalah seperti gambar berikut ini, dimana fender dipasang pada Quay wall yang ada dengan menambahkan Anchor khusus seperti Resin Anchor pada lempeng baja yang ditempelkan pada wharf yang ada.



Gambar 3.7 Pemasangan dengan menggunakan Resin Anchor (Bridgestone (1995))

3.7.4 Batasan dari kapal

Beberapa batasan dari kapal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan dan dalam memilih fender adalah hal-hal yang berkaitan

dengan spesifikasi kapal. Bridgestone (1995) menyatakan batasan-batasan tersebut adalah :

1. Tekanan lambung kapal
2. Kurvature lambung kapal
3. Proyeksi kapal

3.7.4.1 Tekanan lambung kapal

Saat sebuah fender kecil dengan gaya reaksi yang besar menumbuk lambung kapal , kerusakan yang serius dapat terjadi pada lambung kapal tersebut. Untuk mencegah kerusakan tersebut, harus dipilih suatu fender dengan tekanan muka lebih kecil daripada tekanan hull.

Pemilihan fender dilakukan dengan mempertimbangkan besarnya tekanan muka. Tekanan muka dari setiap tipe fender tergantung pada rubber grade fender tersebut dan atau penulangan dari fender tersebut. Contoh variasi tekanan muka tersebut ditunjukkan oleh tabel berikut:

Table 10. Face pressure

Type of Fender	Face Pressure T/M ² (KIPS/FT ²)
Cell and Super Cell	Approx. 10 (2.05) ~ 50 (10.24)
Super M	50 (10.24) ~ 90 (18.43)
Super Arch	48 (9.83) ~ 110 (22.53)

Tabel 3.6 Variasi tekanan muka (Bridgestone, 1995)

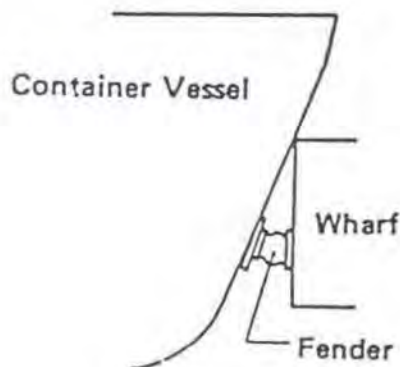
Karena stuktur dari kapal tidak diumumkan secara resmi, maka sangatlah sulit untuk memilih suatu fender berdasarkan tekanan muka, tetapi tabel diatas dapat dijadikan acuan bila tekanan lambung kapal diketahui.

3.7.4.2 Kurvature dari lambungkapal

Lambung kapal memiliki kurvature yang sangat kompleks pada arah vertikal dan horizontal. Sehubungan dengan hal itu maka suatu fender akan mengalami tekanan dalam berbagai bentuk akibat kurvature tersebut. Berikut ini dijelaskan bentuk kurvature tersebut.

1. Kurvature pada arah vertikal

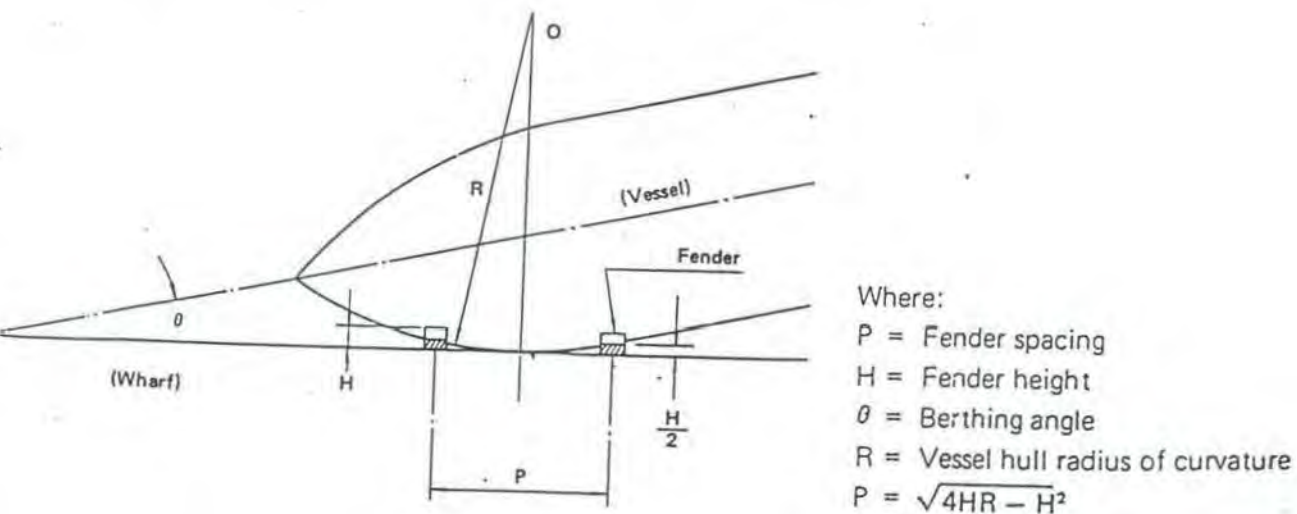
Jika fender dipasang pada posisi terlalu rendah, kapal mungkin akan menumbuk wharf sebelum fender mengalami tekanan seperti yang direncanakan.



Gambar 3.9 Kurvature pada arah vertikal (Bridgestone,1995)

2. Kurvature pada arah horizontal

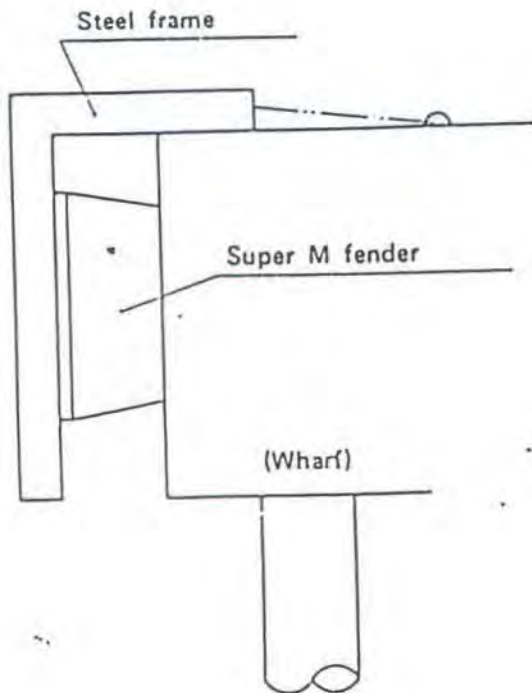
Umumnya, kapal memiliki kurvature yang sangat kecil disekitar daerah yang mengalami kontak dengan fender sehingga tidak perlu diperhitungkan dalam desain. Akan tetapi, bila kapal memiliki curved area seperti gambar dibawah ini, perlu ditentukan jarak antar fender yang memadai agar kapal tidak menumbuk wharf.



Gambar 3.10 Kurvature pada arah horizontal (Bridgestone,1995)

3.7.4.3 Proyeksi kapal

Banyak kapal yang memiliki proyeksi seperti sabuk pelindung pada lambungnya. Bila terjadi kontak secara langsung terhadap fender, maka fender akan mengalami tekanan sebagian sehingga menimbulkan kerusakan yang serius seperti keretakan ataupun patah. Untuk mencegah kejadian tersebut, sebaiknya fender dilindungi dengan frontal frame apabila diperlukan.



Gambar 3.11 Pemasangan Steel Frame (Bridgestone,1995)

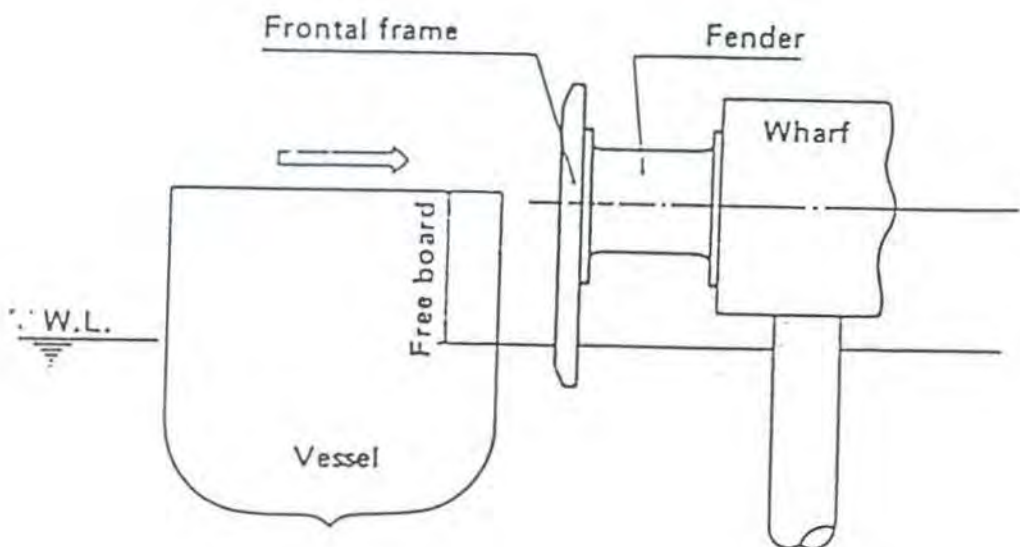
3.7.5 Batasan dari kondisi alam

Sebagaimana telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa Bridgestone (1995) menyatakan kondisi alam yang penting dalam mendesain suatu sistem fender ,dapat dibagi menjadi tiga yaitu :

a. Beda pasang surut

Beda pasang surut yang terjadi sangat mempengaruhi dalam menentukan sistem fender yang akan digunakan, sehingga kapal

akan dapat bertambat pada posisi yang tepat dalam berbagai kondisi pasang surut yang terjadi. Pada saat beda pasang surut menjadi acuan yang khusus, adalah sangat penting untuk memutuskan posisi atau letak dimana kapal akan mengalami kontak dengan sistem fender karena titik kontak dari kapal akan berbeda besarnya tergantung pada pasang surut. Disarankan untuk menempatkan sistem fender pada posisi dimana bagian teratas freeboard dari kapal akan mengalami kontak terhadap sistem fender pada posisi yang lebih tinggi daripada titik pusat marine fender.

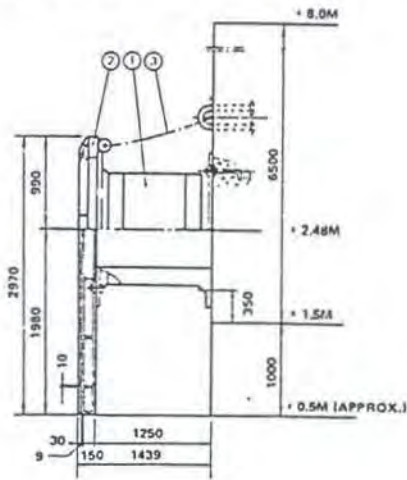


Gambar 3.12 Penempatan fender pada dermaga (Bridgestone,1996)

Pada kondisi yang khusus, saat sistem tidak dapat didesain seperti diatas, penerapan berikut disarankan sebagai pemecahannya.

. Long Frame with tension chains

Fig 31. Long frame system

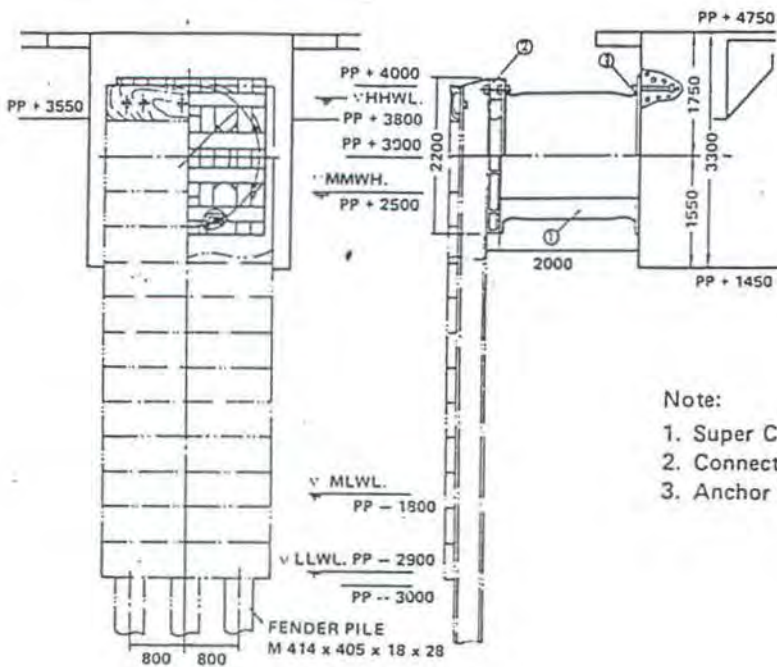


- Note:
1. CELL Fender C1250H
 2. Frontal Frame
 3. Tension Chain

Remarks: The tension chain is attached to keep the frame under uniform compression.

Gambar 3.13 Long Frame with Tension Chains (Bridgestone, 1995)

. Fender/pile system

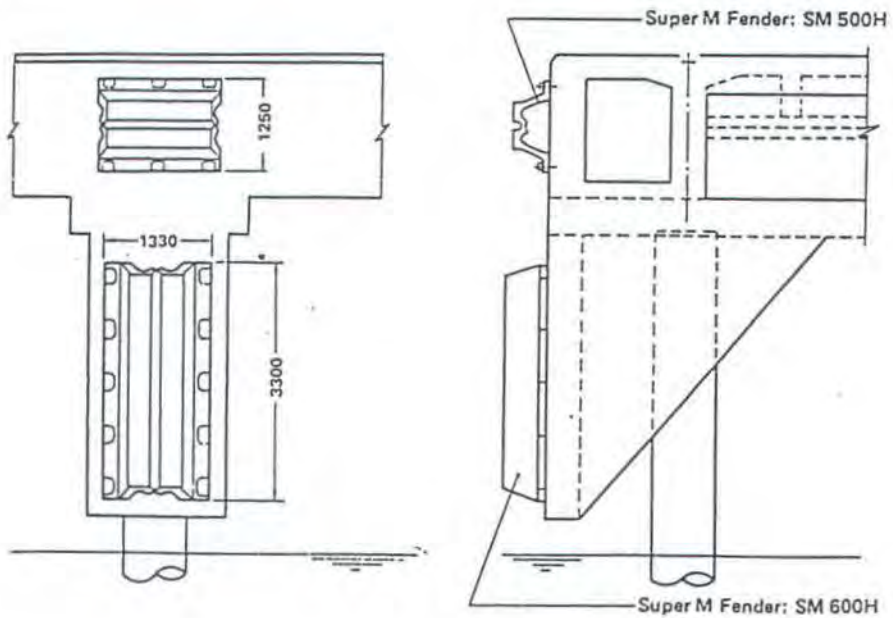


- Note:
1. Super CELL Fender SUC2000H
 2. Connection Frame
 3. Anchor Bolt

Gambar 3.14 Fender/Pile sistem (Bridgestone, 1995)

. T figure Arrangement

Fig 33. Example



Gambar 3.15 T- Figure Arrangement (Bridgestone, 1995)

b Kecepatan angin

Menurut Bindra (1978), Kecepatan angin akan berpengaruh dan dapat mengganggu proses bongkar muat bila kecepatan angin melebihi 30 knot, khususnya pada saat freeboard kapal sangat tinggi, seperti pada saat kapal kosong atau saat pengisian ballast. Sangatlah penting untuk mendesain suatu sistem fender yang mampu menahan beban serta tidak rusak saat menerima tekanan berlebih yang diteruskan oleh kapal akibat gaya yang ditimbulkan oleh arus angin yang kuat.

c Kecepatan arus

Arus merupakan salah satu dari banyak faktor yang harus diperhitungkan. Arus yang terlalu kuat dapat mengganggu pergerakan kapal. Tetapi pada areal pelabuhan hal tersebut dapat diatasi dengan adanya kolam pelabuhan.

3.7.6 Pemilihan Fender

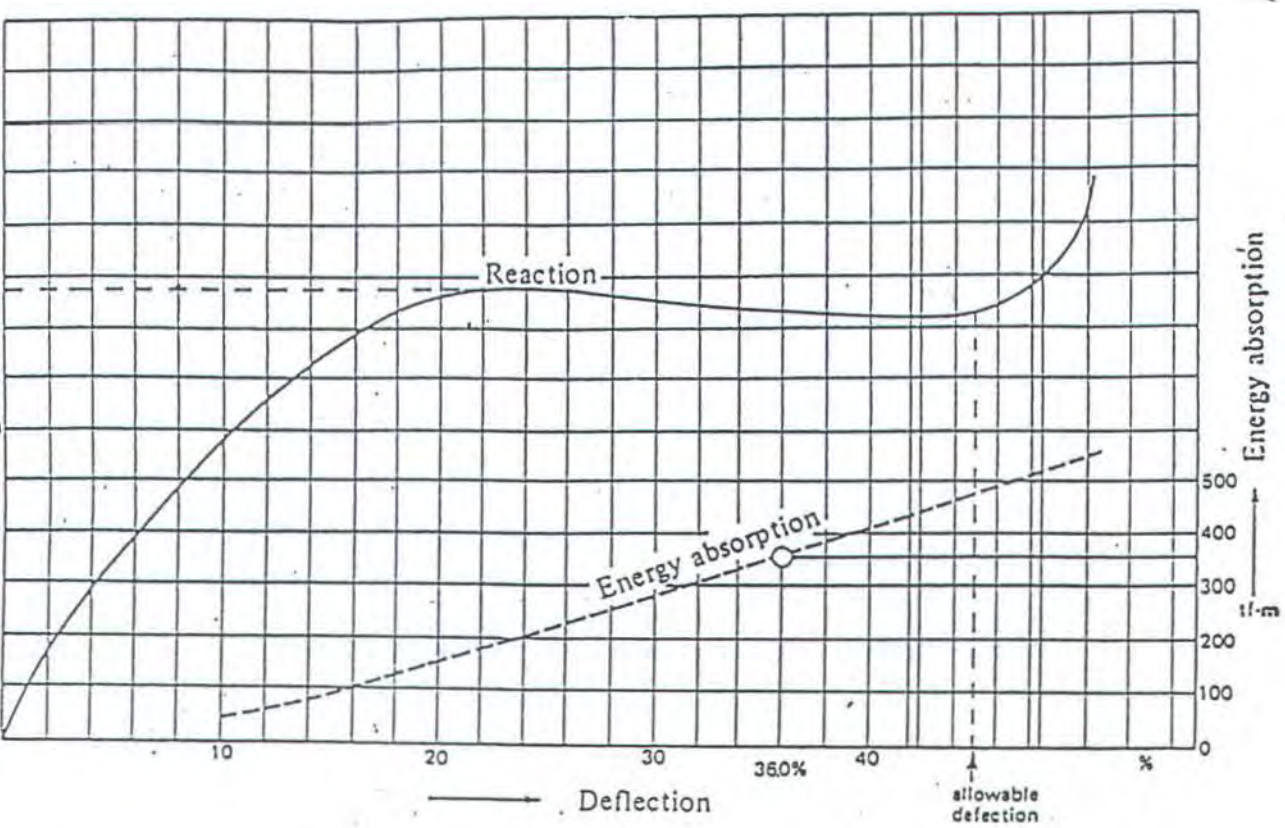
Dalam mendesain sistem fender, pemilihan fender yang layak didasarkan pada energi bertambat efektif yang ditimbulkan oleh kapal pada saat bertambat. Yang perlu diperhatikan dalam memilih fender yang layak adalah bahwa fender tersebut dapat menyerap energi bertambat dari kapal sehingga kapal dapat merapat dengan aman.

Pratikto (1996) dalam buku *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Pelabuhan* memberikan contoh sebuah fender yang layak dipilih berdasarkan efektif berthing energi yang diserap oleh fender 327.9 tf.m, bila dispersi yang dilakukan oleh fender $\pm 10\%$ maka membutuhkan Energy Absorption E' sebesar :

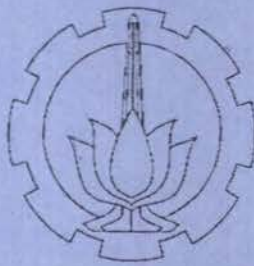
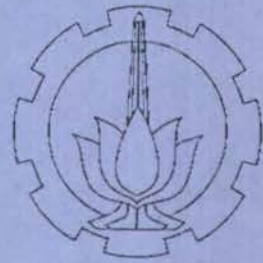
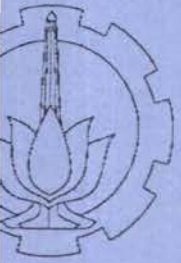
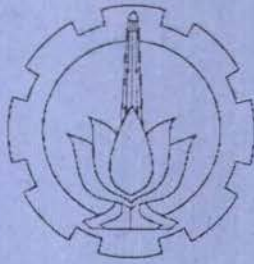
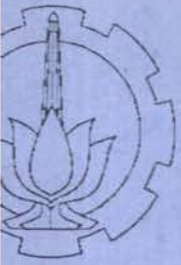
$$E' = 327,9 / 0,9 = 364,3 \text{ tf.m}$$

Pada contoh tersebut bila fender memiliki perlakuan standar seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.16 maka dipakai, reaksi dan defleksi maksimum terjadi pada sudut tambatan (Berthing angle) 0°

secara berturut-turut 440 tf dan 36,0%. Ketika defleksi yang terjadi masuk dalam defleksi yang diijinkan fender, maka fender tersebut dinyatakan sebagai fender yang layak.

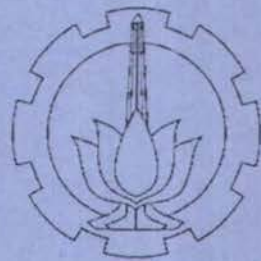


Gambar 3.16 Performance kurve of rubber fender (Pratikto,1996)



BAB IV

KARAKTERISTIK PASANG-SURUT

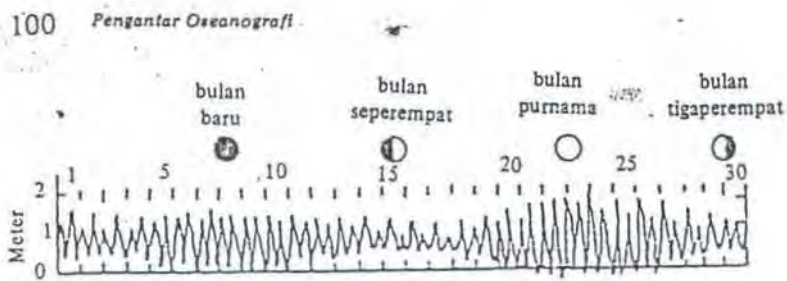


BAB IV

KARAKTERISTIK PASANG SURUT

4.1 Umum

Air pada bagian ujung pantai yang berbatasan dengan lautan tidak pernah diam pada suatu ketinggian yang tetap, tetapi selalu bergerak naik dan turun sesuai dengan siklus pasang surutnya. Permukaan air laut perlahan-lahan naik sampai pada ketinggian maksimum, peristiwa ini dinamakan pasang tinggi (high water), setelah itu kemudian turun sampai pada suatu ketinggian minimum yang disebut pasang rendah (low water). Dari sini permukaan air akan mulai bergerak naik lagi. Perbedaan ketinggian permukaan antara pasang tinggi dan pasang rendah dikenal sebagai tinggi pasang (tidal range). Sifat khas dari naik turunnya permukaan air ini terjadi dua kali setiap hari sehingga terdapat dua periode pasang tinggi dan dua periode pasang rendah. Bentuk pasang semacam ini, seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 dinamakan sebagai semidurnal tide. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa tinggi pasang makin lama makin naik sejak terjadi di hari pertama yang kemudian akan mencapai tinggi maksimum pada hari keenam dan ketujuh. Kemudian akan turun lagi pada ketinggian minimum dihari keempatbelas.



Gambar 4.1 Tipe pasang semi-diurnal (Sahala , 1986)

Sahala (1986) menyebutkan pasang tertinggi dikenal sebagai spring tide , sedangkan yang mempunyai tinggi minimum dikenal sebagai neap tide. Biasanya terjadi dua siklus lengkap setiap bulan yang berhubungan dengan fase bulan. Spring tide terjadi pada waktu bulan baru (new moon) dan bulan penuh (full moon) sedangkan neap tide terjadi pada waktu perempatan bulan pertama dan perempatan bulan ketiga .

Bindra (1978) memberikan beberapa istilah yang dikenal dalam hubungannya dengan pasang surut adalah :

- Mean Higher High Water : Rata-rata tinggi air dari higher high water.

- Mean High Water : Rata-rata muka air tertinggi.
- Mean Low Water : Rata-rata muka air terendah.
- Higher High Water : Kondisi muka air tertinggi dari dua muka air tertinggi pada saat pasang diurnal.
- Lower Low Water : Muka air terendah dari dua muka air terendah pada saat pasang diurnal.
- Mean Lower Low Water : Rata-rata tinggi dari lower low water.
- Mean Range : Tinggi dari rata-rata muka air antara muka air tertinggi dan muka air terendah.
- Diurnal Range : Beda tinggi antara mean higher high water dengan mean lower low water.

2 Phenomena Pasang-Surut

Permukaan laut naik dan turun secara teratur sekali atau dua kali sehari. Phenomena ini disebut gerakan pasang surut, dan ini disebabkan oleh perubahan posisi yang secara kontinyu dari matahari dan bulan terhadap bumi. Horikawa (1978) menyebutkan bahwa saat mendekati puncak dari gelombang pasang surut, permukaan laut naik. Hal ini disebut sebagai gerakan menuju pasang terbesar (flood tide) hingga mencapai ketinggian pasang maksimum, kemudian permukaan air laut

kan mulai menurun hingga mencapai surut terendah yang disebut neap tide. Fase gerakan menuju surut ini disebut dengan Ebb tide.

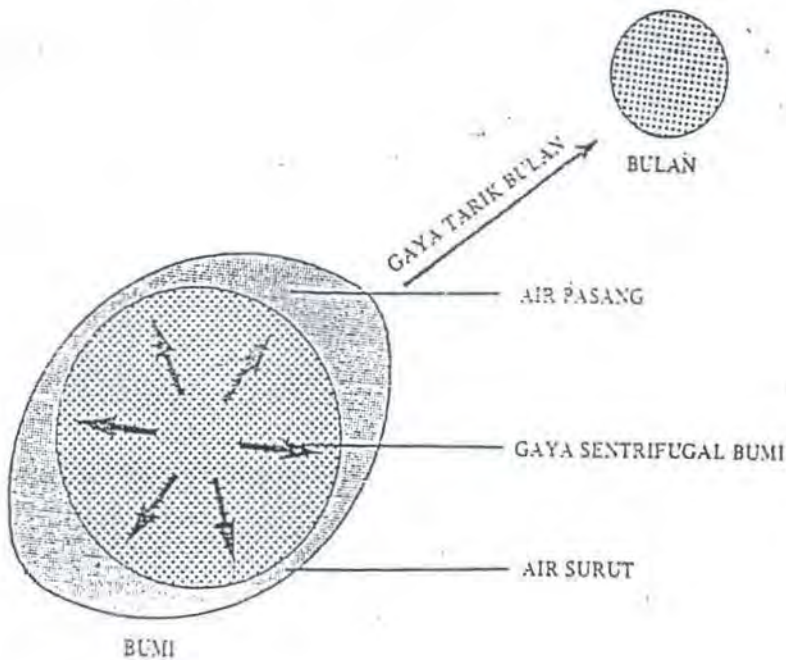
Keadaan seperti di atas dimana kondisi pasang surut tinggi atau rendah terjadi dua kali dalam sehari, pasang surut tersebut disebut semidiurnal sedangkan jika pasang surut hanya terjadi hanya satu kali saja disebut diurnal. Semi diurnal terjadi selama 12 jam 25 menit, sedangkan diurnal terjadi selama 24 jam 50 menit.

3.2.1 Tenaga Pembangkit Pasang

Pasang terutama disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara dua tenaga yang terjadi di lautan, yang berasal dari gaya sentrifugal yang disebabkan oleh perputaran bumi pada sumbunya dan gaya gravitasi yang berasal dari bulan. Gaya sentrifugal adalah suatu tenaga yang didesak ke arah luar dari pusat bumi yang besarnya lebih kurang sama dengan tenaga yang ditarik ke permukaan bumi. Gaya ini lebih kuat terjadi pada daerah-daerah yang letaknya lebih dekat dengan bulan, sehingga gaya yang terbesar terdapat pada bagian bumi yang terdekat dengan bulan dan gaya yang paling lemah terdapat pada bagian yang letaknya terjauh dari bulan.

Menurut Sahala (1986), cara yang paling mudah untuk menjelaskan tentang tenaga pembangkit pasang ini ialah dengan mengingat

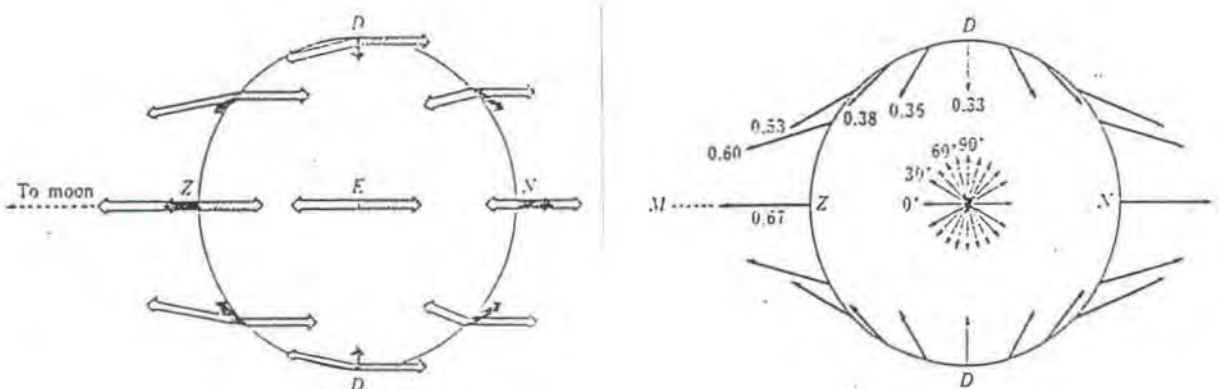
pengaruh-pengaruh bumi-bulan-matahari pada sebuah teori yang menganggap permukaan bumi ini secara keseluruhan tertutup oleh air. Akibat adanya tenaga pembangkit pasang ini akan dijumpai adanya dua tonjolan (Bulges) massa air dimana satu bagian terdapat pada permukaan bumi yang letaknya paling dekat dengan bulan dan tonjolan yang lain terdapat pada bagian yang letaknya paling jauh (sisi lain) dari bulan (gambar 4.2).



Gambar 4.2 Diagram gaya (Sahala,1986)

Tonjolan ini terbentuk karena gaya gravitasi bulan yang relatif kuat menarik massa air yang terdapat pada sisi bumi yang langsung

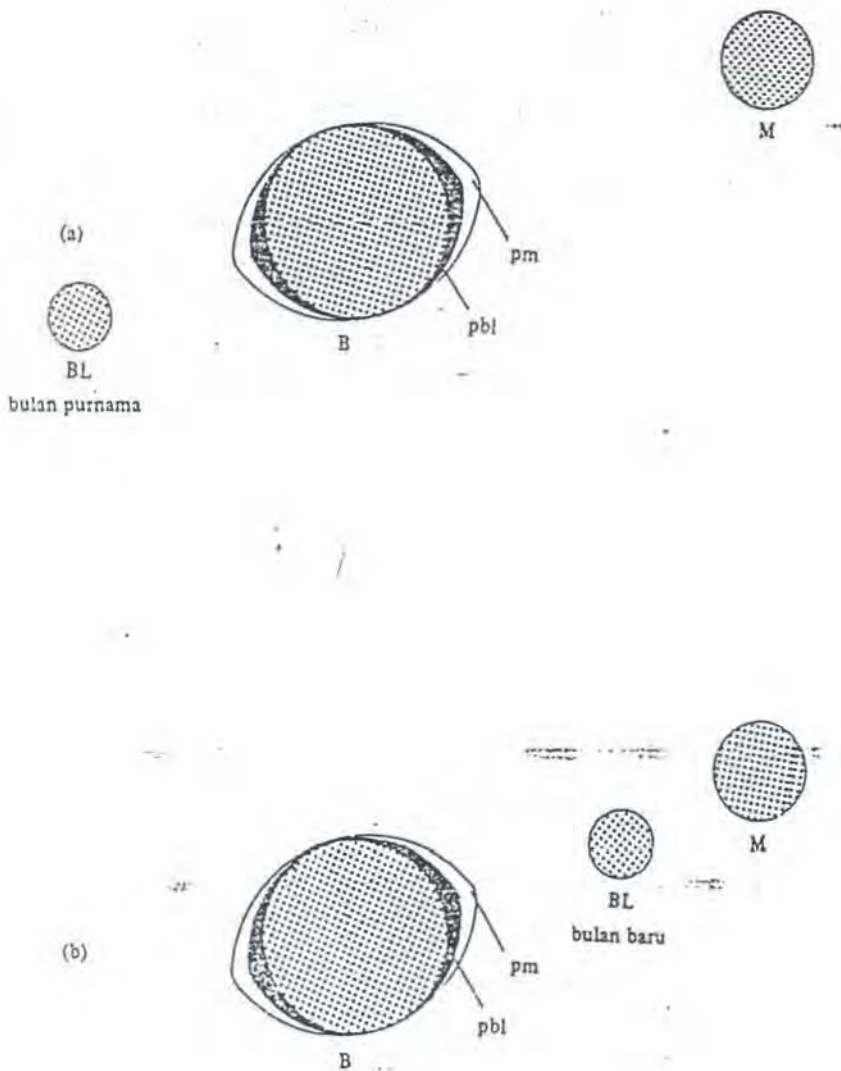
menghadap ke arah bulan. Sedangkan di sisi bumi yang lain terdapat juga adanya tonjolan air karena gaya tarik gravitasi bulan pada sisi ini berkekuatan jauh lebih lemah daripada gaya sentrifugal bumi, yang mengakibatkan tenaga yang ditimbulkan ditempat ini benar-benar mendorong massa air ke arah luar dari permukaan bumi. Dua tonjolan massa air ini merupakan daerah-daerah yang pada saat itu mengalami pasang tinggi. Dan seperti kita ketahui bahwa bumi ini berputar pada porosnya, maka pasang tinggi yang terjadi pun akan bergerak bergantian secara perlahan-lahan dari suatu tempat ke tempat yang lain di permukaan bumi. Satu perputaran yang dialami bumi sehubungan dengan gerakan bulan memerlukan waktu selama 24 jam 50 menit dan karena itu maka dua pasang tinggi dan dua pasang rendah terjadi dalam periode ini.



Gambar 4.3 Besar dan arah gaya pembentuk pasang surut (Horikawa, 1978)

Gaya tarik gravitasi matahari juga mempengaruhi terjadinya pasang walaupun tenaga yang ditimbulkannya terhadap lautan hanya sekitar 47% dari tenaga yang dihasilkan oleh gaya gravitasi bulan. Pada waktu bulan baru dan bulan penuh matahari dan bulan terletak pada satu garis terhadap bumi dan gaya gravitasi yang ditimbulkan oleh matahari dan bulan memiliki arah yang sama. Akibatnya gaya tarik gabungan ini menghasilkan tonjolan air pasang yang lebih besar dari biasanya dan pasang terjadi pada saat ini dinamakan spring tide (gambar 4.4). Pada waktu bulan perempat dan tiga perempat, matahari dan bulan membentuk sudut siku-siku (90°) satu sama lain, sehingga pada saat ini gaya tarik gravitasi matahari bersifat melemahkan gaya tarik bulan. Akibatnya gaya tarik yang ditimbulkan terhadap massa air laut menjadi berkurang dan terjadi pasang yang lebih kecil yang dinamakan neap tides.

Faktor-faktor setempat seperti bentuk dasar lautan dan massa air di sekitarnya serta gaya-gaya akibat gerakan bumi, akan memberikan kontribusi terhadap sifat-sifat pasang..



Gambar 4.4 Spring tides (Sahala, 1986)

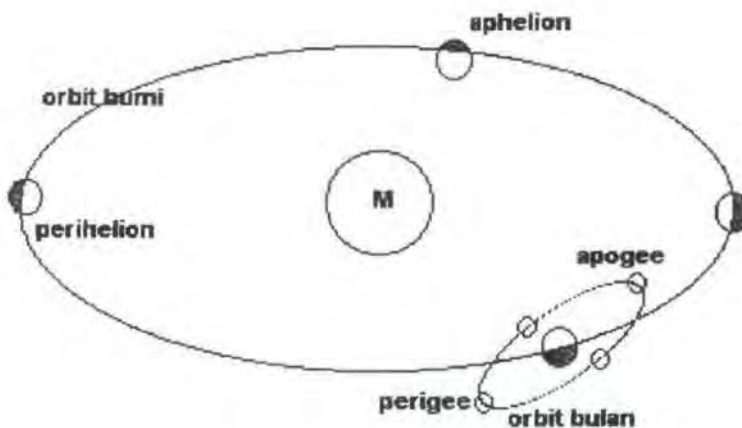
4.3 Karakteristik dari Sistem Bumi-Bulan- Matahari

Gerakan-gerakan pada sistem seperti yang disebutkan dalam buku Coastal Engineering I (1978) ada dua macam, yaitu :

- 1 Perputaran Bulan terhadap Bumi
- 2 Perputaran Bumi terhadap Matahari

Gerakan-gerakan ini disebut orbit yang bentuk dari perputaran ini berupa ellips. Selain dari gerakan-gerakan diatas Bumi dan Bulan juga berputar terhadap sumbunya masing-masing. Bidang yang dibentuk oleh perputaran bumi terhadap sumbunya disebut bidang elliptic. Sumbu Bumi membentuk sudut $66,5^{\circ}$ terhadap bidang tersebut, sedangkan orbit bulan membentuk sudut $5^{\circ}9'$ terhadap bidang eliptic tersebut. Dilihat dari posisi Bulan-Bumi-Matahari maka :

- a Posisi Bulan terhadap Bumi yang terjauh disebut Apogee sedangkan yang terdekat disebut Perigee.
- b Posisi Bumi terhadap Matahari yang terjauh Aphelion sedangkan yang terdekat disebut Perihelion.



Gambar 4.5 Posisi Bumi-Bulan-Matahari (Coastal engineering I,1978)

4.4 Komponen-Komponen Utama Pasang Surut

Untuk memperkirakan keadaan pasang surut, maka terdapat banyak komponen-komponen yang mempengaruhi pasang surut. Menurut Karmadibrata (1985), komponen utama adalah sebagai gaya tarik bulan dan matahari (Lunar and Solar Component) sedangkan komponen lainnya adalah non astronomis.

Prinsip Lunar and solar component hanyalah dua dari pada lebih dari 390 komponen aktif lainnya yang memiliki range periode antara 8 jam hingga 18,6 tahun. Setiap komponen memiliki periode yang telah ditentukan dari analisa secara astronomis dan fase serta amplitude daripada komponen-komponen tersebut ditentukan secara empiris untuk setiap daerah pantai. Namun untuk alasan praktis, hanya komponen-komponen utama saja yang dipakai dalam peramalan pasang surut. Dengan demikian maka konstanta masing-masing komponen tersebut berbeda-beda antara daerah satu dengan daerah lainnya. Bahkan untuk suatu daerah yang sama pun ada kemungkinan perbedaan pasang-surut pada data yang pendek (Pratikto, et al, 1996). Hal ini disebabkan antara lain oleh data yang dianalisa kurang panjang atau terjadi percampuran dengan gelombang panjang jenis surge atau tsunami.

Menurut Sorensen (1978), Periode-periode dan hubungan yang penting dari komponen-komponen yang utama adalah sebagai berikut :

Komponen	Simbol	Periode, Solar hours	keterangan
Semidiurnal	M_2	12,42	komponen utama semidiurnal bulan
	S_2	12,00	komponen utama semidiurnal Matahari
	N_2	12,66	komponen bulan akibat variasi bulanan jarak bumi-bulan
	K_2	11,97	komponen matahari-bulan akibat perubahan sudut deklinasi matahari dan bulan selama masa orbital
Diurnal	K_1	23,93	Komponen matahari-bulan
	O_1	25,82	komponen utama diurnal bulan
	P_1	24,07	komponen utama diurnal matahari
pasang-surut periode panjang	M_1	327,86	komponen bulan dwi mingguan

Tabel 4.1 Komponen utama pembentuk pasang surut (Pratiko, 1996)

4.5 Klasifikasi Pasang Surut

4.5.1 Pasang Berdasarkan Gerakan Pasang Surut

a. Pasang Semidiurnal

Pasang ini disebut juga dengan Pasang Harian Ganda, dimana terjadi dua kali air tinggi dan dua kali air rendah dalam satu hari.

Pasang ini terutama tergantung dari pasang-pasang partikel M_2 dan S_2 dengan ciri-ciri sebagai berikut :

- Dua kali air tinggi dan dua kali air rendah sehari

b. Pasang diurnal

Pasang ini disebut juga sebagai Pasang Harian Tunggal. Dinamakan pasang Diurnal karena terjadi satu kali air tertinggi dan satu kali air terendah dalam satu hari.

Pasang ini terutama tergantung dari pasang-pasang partikel K_1 dan O_1 dengan sifat-sifat sebagai berikut :

- Satu kali air tertinggi dan satu kali air terendah dalam sehari.

c. Pasang Diurnal Campuran

Pasang ini terjadi jika salah satu dari Diurnal atau Semidiurnal tidak terjadi secara lengkap, seperti tidak tercapainya pasang tertinggi pada saat pasang.

Pasang ini merupakan kombinasi dari pasang harian ganda dan pasang harian tunggal.

Contoh kejadian ketiga jenis pasang tersebut diberikan oleh Sorensen (1978, Basic Coastal Engineering), yang mengolah data dari German Tide Tables (1940), seperti yang ditunjukkan di bawah ini :

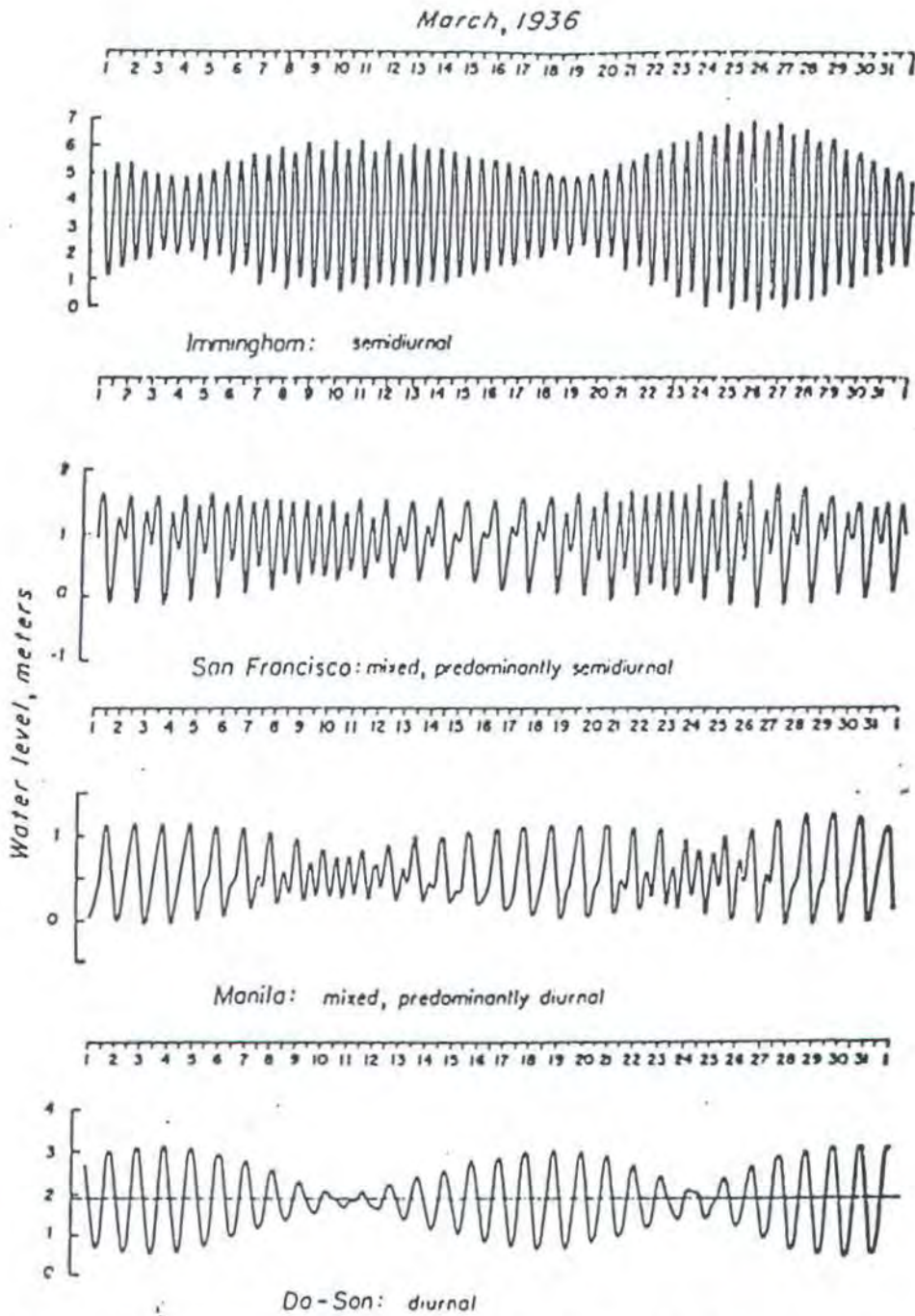


Figure 4.4 Examples of common types of tide (German Tide Tables, 1940).

Grafik 4.1 Contoh berbagai tipe pasang (Sorensen, 1978)

4.6 Pengaruh Pasang Surut dalam Desain Sistem Fender

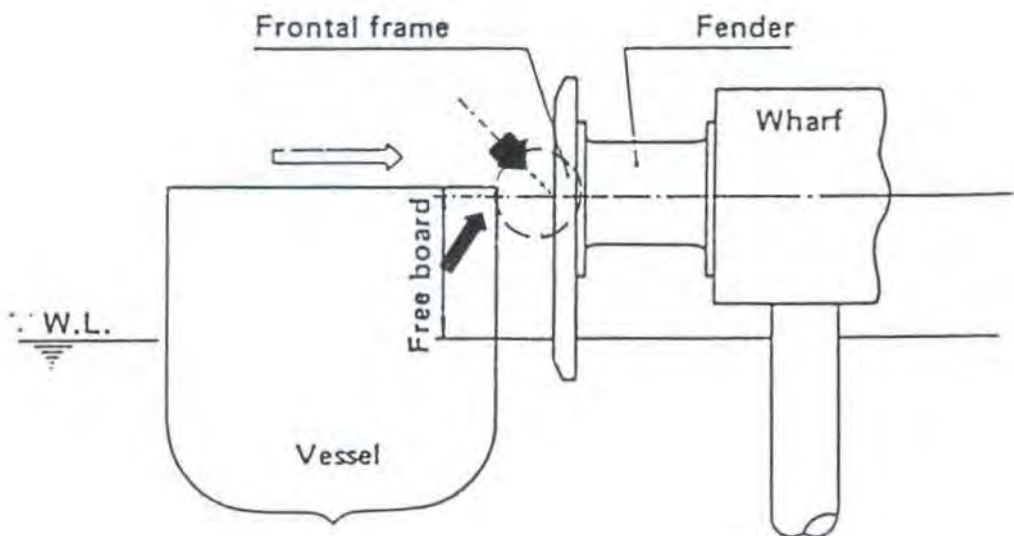
Dengan adanya perubahan muka air laut, dimana terdapat pasang tertinggi dan pasang terendah dalam jangka waktu tertentu, maka dalam penentuan ketinggian posisi fender yang akan digunakan pada dermaga harus benar-benar memperhatikan ketinggian air laut pada saat pasang tertinggi dan pada surut terendah. Dalam Tugas Akhir ini, diassumsikan bahwa kondisi struktur dermaga dianggap berada dalam kondisi yang sempurna, dalam artian bahwa kekuatan dan ketinggian dermaga telah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Dengan demikian, maka masalah konstruksi struktur dermaga dianggap sempurna.

Apabila beda pasang tertinggi dan surut terendah memiliki selisih yang besar maka akan menyebabkan posisi fender berada pada posisi yang tinggi ketika surut terendah terjadi. Bila yang merapat adalah kapal yang memiliki freeboard tinggi, hal ini tidak akan menimbulkan masalah, sebaliknya bila yang merapat adalah kapal-kapal kecil dengan freeboard rendah, maka akan timbul kesulitan ketika bertambat.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan suatu desain sistem fender yang memungkinkan kapal-kapal kecil dapat merapat. Salah satu penerapannya adalah dengan menambahkan frontal frame pada fender. Dalam desain, setelah melakukan pemilihan fender yang sesuai maka diperlukan pertimbangan-pertimbangan lain yang memungkinkan

dari segi konstruksi, agar diperoleh sistem fender yang layak. Hal tersebut merupakan masalah yang sangat kompleks, karena menyangkut banyak kriteria yang harus diperhatikan, antara lain intensitas kedatangan kapal, kejadian pasang surut, dan lain sebagainya.

Menurut Bridgestone (1995), pemasangan sistem fender hendaknya memenuhi kriteria bahwa freeboard tertinggi kapal akan mengalami kontak terhadap fender pada posisi yang lebih tinggi daripada titik pusat fender tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



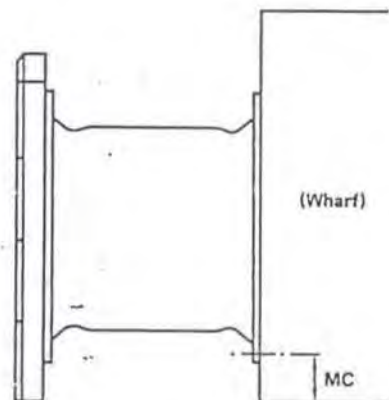
Gambar 4.6 Kontak point (Bridgestone,1995)

Bridgestone (1995) juga menyebutkan bahwa jarak maksimum dari bagian terendah wharf ke posisi surut terendah adalah sebesar 1,5 m dan jarak

minimum posisi anchor fender ujung wharf (minimum clearance)

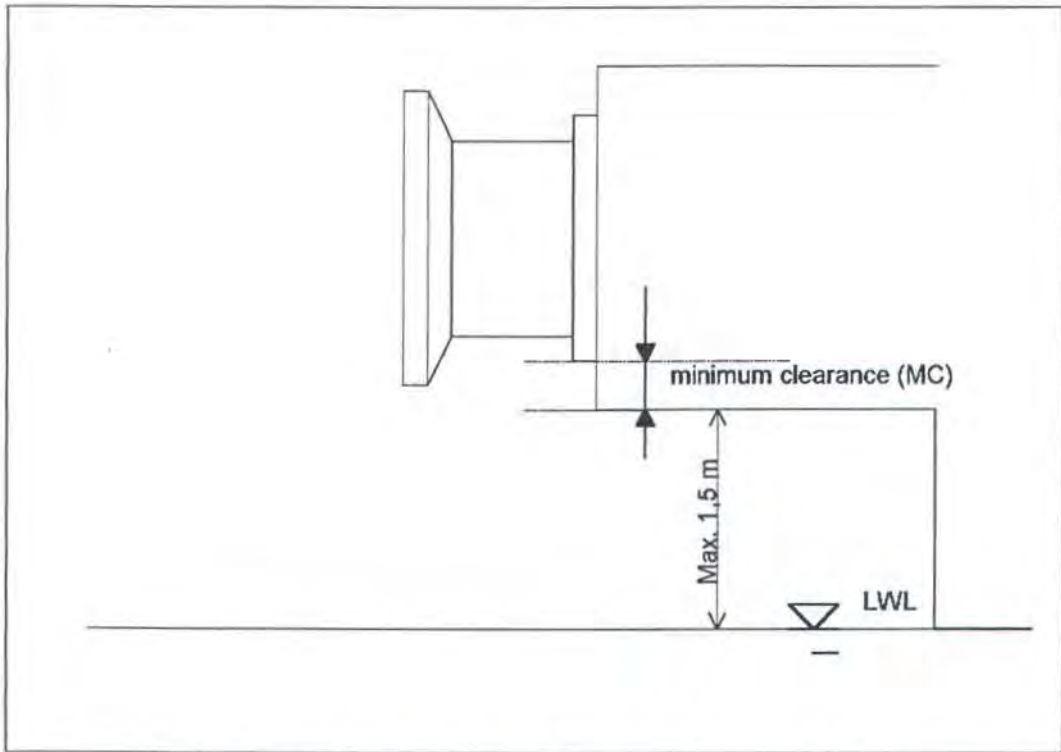
tergantung pada type fender yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Size	mm inch
C400H	175 6.9
C500H	185 7.3
C630H	210 8.3
C800H	230 9.1
SUC1000H	255 10.0
SUC1150H	290 11.4
SUC1250H	290 11.4
SUC1450H	350 13.8
SUC1600H	350 13.8
SUC1700H	375 14.8
SUC2000H	430 16.9
SUC2250H	430 16.9
SUC2500H	430 16.9
C3000H	510 20.1



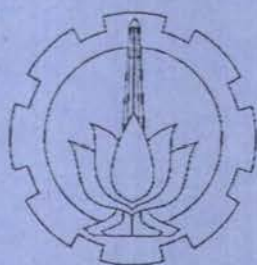
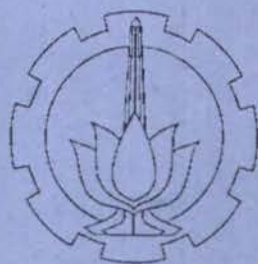
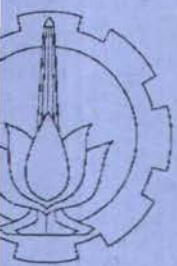
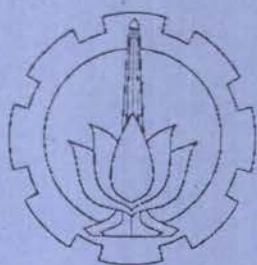
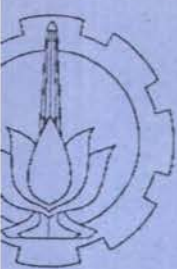
Tabel 4.3 minimum clearance (Bridgestone,1995)

Bertolak dari kriteria tersebut, maka posisi fender dapat diperhitungkan. Untuk lebih mempermudah pemahaman tentang tentang kriteria yang diberikan tersebut diatas, perhatikan gambar berikut ini :



Gambar 4.7 Posisi fender minimum (Bridgestone,1995)

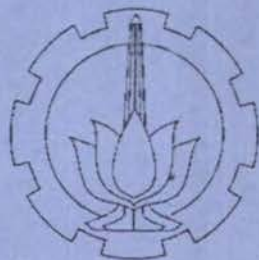
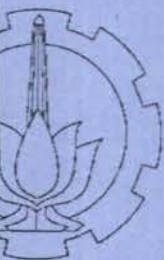
Dengan demikian maka perencanaan sistem fender hendaknya memenuhi ketentuan-ketentuan tersebut sehingga diperoleh sistem fender yang layak.



BAB V



EMILIHAN SISTEM FENDER PADA PELABUHAN TINJAUAN



BAB V

PEMILIHAN SISTEM FENDER

PADA PELABUHAN TINJAUAN

5.1 Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai pemilihan sistem fender pada pelabuhan tinjauan yang akan diuraikan secara mendetail . Beberapa data lapangan yang berpengaruh terhadap perencanaan fender pada dermaga akan dibahas terlebih dahulu.Data-data yang diperoleh merupakan data sekunder.

Dalam mendesain suatu sistem fender yang baik dan tepat sasaran tentunya seorang perencana harus mempunyai data-data lapangan yang akurat dan dapat dipercaya.

Data-data yang diperlukan disini adalah:

1. Data-data Alam
2. Data lalu lintas kapal

Data-data tersebut akan dijelaskan pada bagian lain dari bab ini karena merupakan hal penting untuk pertimbangan-pertimbangan di dalam perencanaan sistem fender.

5.2 Data Alam

Data alam penting dan diperlukan dalam perencanaan sistem. Data alam yang akan dibahas dalam bab ini meliputi :

- 1. Data Pasang Surut
- 2. Data Angin.
- 3. Data Arus

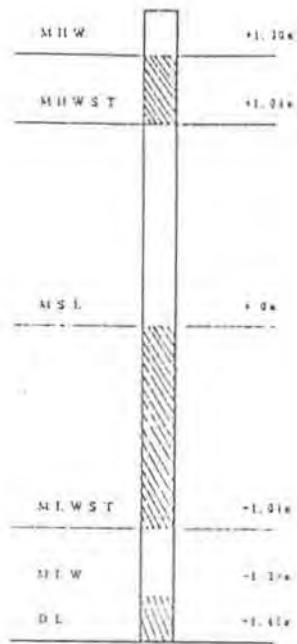
Pada bagian lain dari Bab ini , ketiga data alam tersebut akan dibahas secara lebih detail khususnya untuk pelabuhan Benoa.

5.2.1 Data Pasang-Surut

Dalam menentukan tipe pasang surut di daerah Benoa, pihak JICA. sebagai pihak konsultan melakukan pengukuran dengan menggunakan alat automatic tide recording pada tanggal 1 januari 1988 hingga 6 januari 1988. Selain dari data tersebut, penulis juga memperoleh data dari pihak Kantor Dinas Pekerjaan Umum daerah Tingkat I Bali. Dari kedua sumber data tersebut diketahui bahwa pasang-surut di daerah Benoa termasuk tipe campuran yang utama semi diurnal. Hal ini berarti bahwa pasang surut tinggi atau rendah di daerah studi terjadi dua kali dalam satu hari.

Untuk mengetahui besarnya pasang surut di daerah pelabuhan Benoa telah dilakukan berbagai penelitian dan perhitungan oleh pihak

konsultan yaitu JICA, disamping data-data tentang pasang surut lainnya dari pihak Kantor Dinas Pekerjaan Umum Daerah Tingkat I Bali. Dari hasil perhitungan data diperoleh hasil variasi pasang-surut di Pelabuhan Benoa sebagai berikut :



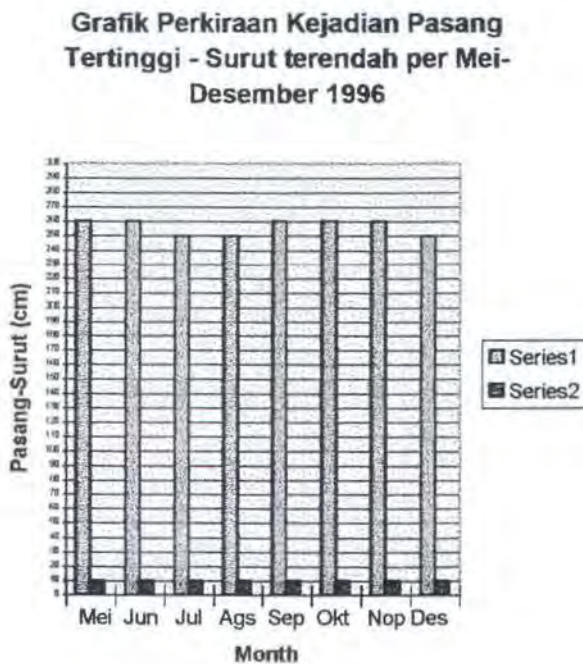
Gambar 5.1 Reference Level dari daerah studi
Sumber : JICA, 1988

dimana :

- MHWS = Mean High Water Spring (rata-rata pasang tertinggi)
- MLWS = Mean Low Water Spring (rata-rata pasang terendah)
- MSL = Mean Sea Level (rata-rata muka air laut)
- DL = Datum Level.

Untuk memperoleh informasi terbaru mengenai kondisi pasang surut pada areal pelabuhan tinjauan, pihak Kantor Dinas Pekerjaan Umum Daerah tingkat I Bali memberikan suatu tabulasi yang menampilkan

tentang perkiraan kejadian pasang surut dari untuk bulan Mei 1996 hingga bulan Desember 1996. Data selengkapnya ditampilkan pada halaman lampiran. Selanjutnya data tersebut diolah untuk mengetahui kondisi pasang surut tertinggi dan terendah. Dari data tersebut akan diketahui perbedaan ketinggian pasang tertinggi terhadap surut terendah. Hasil pengolahan data tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Grafik 5.1 Pasang tertinggi dan Surut terendah (DPU BALI, 1996)

Dari grafik tersebut dapat diketahui besarnya beda pasang surut pada pelabuhan Benoa, yang akan digunakan sebagai acuan dalam pemilihan sistem fender dikaitkan dengan kondisi pasang surut.

5.2.2 Data Angin

Menurut data yang didapat dari pihak Badan Meteorologi dan Geofisika Indonesia di Tuban, Bali, angin yang dominan di pelabuhan Benoa berasal dari arah tenggara dan selatan, terutama pada musim monsun timur pada bulan Juni - Nopember, dengan kecepatan rata-rata kurang dari 10 Knot. Menurut Bindra (1978), kecepatan angin yang dapat mengganggu gerakan untuk bertambat dan bongkar bila melebihi 30 Knot. Dengan demikian kecepatan angin di Benoa ini termasuk ringan, sehingga diasumsikan kecepatan angin tersebut tidak mengganggu gerakan kapal selama bertambat dan bongkar muat.

5.2.3 Data Arus

Arus merupakan salah satu dari banyak faktor yang harus diperhitungkan. Arus yang terlalu kuat dapat mengganggu pergerakan kapal. Tetapi pada areal pelabuhan hal tersebut dapat diatasi dengan adanya kolam pelabuhan.

5.3 Data Lalu Lintas Kapal

Data tentang lalu lintas kapal dipelabuhan Benoa diperoleh dari pihak pelabuhan Benoa. Kapal yang merapat di Benoa menurut pihak pelabuhan Benoa terbagi menjadi lima macam, meliputi :

a. Kapal Samudra

Kapal yang berlayar antar samudera pada jalur internasional, yang melayani perdagangan domestik dan luar negeri.

b. Kapal Nusantara

Kapal yang melayani pelayaran antar pulau di Indonesia

c. Kapal Pelayaran Khusus

Kapal yang khusus mengangkut satu jenis cargo tertentu.

d. Kapal Lokal

Kapal yang melayani perdagangan lokal dengan jarak tempuh sampai 500 mil dari pelabuhan asalnya.

e. Kapal Rakyat

Kapal yang berukuran kecil yang dimiliki dan dioperasikan oleh perseorangan, dan mengangkut cargo dalam jumlah kecil.

Jumlah kedatangan kapal di Benoa untuk masing-masing jenis kapal dapat dilihat pada tabel berikut dibawah ini, yang diperoleh dariihak pelabuhan Benoa :

Tahun	Samudera	Nusantara	Pely. Khusus	Lokal	Rakyat	Tanker
Th 1984	20	184	-	23	71	138
Th.1985	25	179	186	45	73	147
Th.1986	7	170	67	59	50	145
Th.1987	17	123	502	49	52	158
Th.1988	26	175	671	30	39	168
Th.1989	46	187	1479	22	10	179
Th.1990	64	107	1688	-	-	201

Tabel 5.1 Kedatangan kapal di pelabuhan Benoa (Data Statistik Pel. Benoa)

Dari Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa jenis kapal yang sering bertambat di pelabuhan Benoa adalah Kapal Nusantara, Pelayaran khusus, kapal samudera serta kapal Tanker, akan tetapi, dalam proses pengerjaan tugas akhir ini penulis mengalami kesulitan untuk mendapatkan data-data tentang spesifikasi kapal yang bertambat di Pelabuhan tinjauan sehingga dalam analisa nantinya akan dipergunakan data-data yang didapat dari Bridgestone Marine Fender Catalogue apabila dimungkinkan.

Untuk menentukan ukuran kapal yang digunakan sebagai dasar perencanaan sistem fender, sesuai dengan masterplan pengembangan pelabuhan Benoa, akan dipakai ukuran kapal 20000 DWT.

5.4 Kriteria Desain Pemilihan Sistem Fender

Dari data-data yang diperoleh diketahui bahwa ada jenis kapal yang sering merapat di Pelabuhan Benoa, yang meliputi kapal nusantara,

anker, kapal samudera serta kapal Pelayaran khusus. Informasi lain yang dapat menyatakan bahwa untuk menentukan ukuran kapal yang digunakan dalam perencanaan sistem fender di Pelabuhan Benoa adalah kapal dengan ukuran 20000 DWT.

Data tentang pasang surut yang terjadi di pelabuhan yang diperoleh dari pihak Dinas Pekerjaan Umum Daerah Tingkat I Bali menunjukkan bahwa pasang tertinggi adalah +260 cm diatas ARP (air rendah perhari) dan surut terendah adalah +10 cm diatas ARP. Dengan demikian diketahui bahwa beda pasang surut yang terjadi di areal pelabuhan adalah sebesar 250 cm atau 2,5 M. Beda pasang surut tersebut akan digunakan untuk menentukan posisi pemasangan fender pada dermaga.

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari berbagai pihak, maka diberikan kriteria dalam pemilihan sistem fender untuk pelabuhan Benoa sebagai berikut :

jenis Kapal	: Tanker, Pelayaran khusus, kapal samudera dan Kapal Nusantara
ukuran Kapal	: 20000 DWT
berthing Speed	: 0,15 m/det (dalam desain)
berthing Angle	: 6° (dalam desain)
beda pasang-surut	: (+260) - (+10) = 250 cm = 2,5 Meter
metode Bertambat	: 1/4 point berthing (K=0,5)

Prosedur :

a. Perhitungan energi bertambat efektif (E)

Untuk Tanker dan Pelayaran Khusus :

$$W_1 = \frac{4}{3} \times DWT = \frac{4}{3} \times 20000 = 26667 \text{ ton}$$

$$W_2 = \rho \times L \times H^2 \times \frac{\pi}{4} = 1.025 \times 164 \times (9.5)^2 \times \frac{\pi}{4} = 11909 \text{ ton}$$

$$W = W_1 + W_2 = 26667 + 11909 = 38576 \text{ ton}$$

$$E = \frac{W \times V^2}{2g} \times 0.5 = \frac{867.96}{19.6} \times 0.5 = 22.14 \text{ ton-m}$$

Catatan : Harga L dan H diperoleh dari tabel Berthing Energy and Specifications of Vessels dibawah ini.

Dead weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.8	4.3	906	2,239	0.8	1.8	2.3
2,000	2,667	77	11.1	6.0	5.1	1,611	4,278	1.1	2.5	4.4
3,000	4,000	88	12.7	6.8	5.7	2,300	6,300	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	13.9	7.5	6.1	2,874	8,207	2.1	4.7	8.4
5,000	6,667	104	14.9	8.1	6.5	3,535	10,202	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	118	16.6	8.3	6.9	4,520	12,520	3.2	7.2	12.8
8,000	10,667	130	17.6	9.5	7.4	5,728	16,395	4.2	9.5	16.7
10,000	13,333	140	18.5	10.5	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	19.4	11.2	8.5	8,720	24,720	6.3	14.2	25.2
15,000	20,000	149	21.3	11.5	8.6	8,867	28,867	7.4	16.7	29.5
20,000	26,667	164	23.4	12.7	9.2	11,169	37,836	9.7	21.8	38.6
25,000	33,333	176	25.1	13.6	9.8	13,600	46,933	12.0	27.0	47.9
30,000	40,000	187	26.6	14.4	10.3	15,962	55,962	14.3	32.2	57.1
40,000	53,333	206	29.2	15.9	11.0	20,055	73,388	18.7	42.1	74.9
50,000	66,667	222	31.4	17.1	11.7	24,451	91,118	23.2	52.2	93.0
60,000	80,000	235	33.3	18.1	12.3	28,606	108,606	27.7	62.3	110.8
70,000	93,333	248	35.0	19.0	12.8	32,693	126,026	32.2	72.5	128.6
80,000	106,667	252	36.6	19.9	13.2	36,310	142,977	36.5	82.1	145.9
100,000	133,333	278	39.3	21.4	14.0	43,841	177,174	45.2	101.7	180.8
150,000	200,000	300	45.0	25.0	16.0	61,795	261,795	66.8	150.3	267.2
200,000	266,667	315	50.0	28.0	18.0	82,120	348,787	89.0	200.3	356.0
250,000	333,333	330	53.5	30.0	20.5	111,587	444,920	113.5	255.4	454.0

Tabel 5.2 Spesifikasi kapal untuk kapal pelayaran khusus (Bridgestone, 1995)

Dead weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.5	4.2	866	2,199	0.6	1.4	2.2
2,000	2,667	76	11.2	5.7	5.1	1,591	4,258	1.1	2.5	4.3
3,000	4,000	87	12.8	6.5	5.7	2,274	6,274	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	14.0	7.2	6.2	2,969	8,302	2.1	4.7	8.5
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5	3,501	10,168	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9	4,214	12,214	3.1	7.0	12.5
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2	4,838	14,169	3.6	8.1	14.5
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4	5,552	16,219	4.1	9.2	16.6
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3	8,314	24,314	6.2	14.0	24.8
15,000	20,000	163	20.0	11.2	8.8	10,156	30,156	7.7	17.3	30.8
17,000	22,667	170	21.0	11.7	9.1	11,327	33,994	8.7	19.6	34.7
20,000	26,667	164	23.7	12.3*	9.5	11,909	38,576	9.8	22.1	39.4
25,000	33,333	176	25.5	13.3	10.1	14,446	47,779	12.2	27.5	48.8
30,000	40,000	187	27.1	14.1	10.6	16,906	56,906	14.5	32.6	58.1
35,000	46,667	197	28.5	14.8	11.1	19,530	66,197	16.9	38.0	67.6
40,000	53,333	206	29.7	15.5	11.5	21,920	75,253	19.2	43.2	76.8
45,000	60,000	223	30.5	15.2	11.2	22,507	82,507	21.1	47.5	84.2
50,000	66,667	222	32.0	16.7	12.2	26,586	93,253	23.8	53.6	95.2
60,000	80,000	236	34.0	17.8	12.8	31,111	111,111	28.3	63.7	113.4
65,000	86,667	250	34.0	18.0	13.3	35,581	122,248	31.2	70.2	124.7
70,000	93,333	248	35.7	18.7	13.4	35,830	129,163	33.0	74.3	131.8
80,000	106,640	260	37.3	19.6	13.9	40,419	147,059	37.5	84.4	150.1
85,000	113,333	260	38.1	18.7	14.0	41,002	154,335	39.4	88.7	157.5
100,000	133,333	280	40.1	21.1	14.8	49,347	182,680	46.6	104.9	186.4
120,000	160,000	297	42.6	22.4	15.5	57,412	217,412	55.5	124.9	221.9
150,000	200,000	320	45.8	24.1	16.5	70,097	270,097	68.9	155.0	275.6
200,000	272,000	326	49.8	23.2	17.7	82,178	354,178	90.4	203.4	361.4
250,000	333,333	338	51.8	26.7	20.6	115,410	448,743	114.5	257.6	457.9

Tabel 5.3 Spesifikasi kapal untuk kapal Tanker (Bridgestone,1995)

b. Kandidat Fender :

Dalam memilih fender yang akan digunakan, sebagai acuan dapat digunakan TABLE OF PERFORMANCE dari beberapa fender, yang disadur dari Bridgestone Marine Fender Catalogue dibawah ini :

Energy Absorption of Cell Fender Series (in metric ton-meters)

Performance		Energy Absorption (Ton-m)									
Rubber Grade		RE		RS		RH		R0		R1	
Defl.		Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion
Size											
C400H		1.7	1.9	1.5	1.7	1.3	1.4	1.0	1.1	0.8	0.9
C500H		3.6	3.9	3.2	3.5	2.7	2.9	2.1	2.3	1.6	1.8
C630H		7.1	7.6	6.3	6.8	5.4	5.9	4.2	4.5	3.3	3.6
C800H		14.4	15.9	12.8	14.1	11.0	12.2	8.5	9.4	6.8	7.5
UC1000H		33.0	35.0	29.3	31.0	25.4	26.9	19.5	20.7	15.6	16.6
UC1150H		50.2	53.2	44.6	47.2	38.7	40.9	29.7	31.5	23.8	25.2
UC1250H		64.5	68.3	57.3	60.6	49.6	52.6	38.2	40.4	30.3	32.3
UC1450H		100.7	106.6	89.4	94.7	77.5	82.0	59.6	63.1	47.7	50.5
UC1600H		135.3	143.3	120.1	127.2	104.1	110.2	80.1	84.8	64.1	67.8
UC1700H		162.3	171.9	144.1	152.5	124.9	132.2	96.0	101.7	76.8	81.4
UC2000H		264.3	279.8	234.6	248.4	203.3	215.3	156.4	165.6	125.1	132.5
UC2250H		417.7	442.3	370.0	392.5	321.3	340.2	247.2	261.7	210.1	222.4
UC2500H		573.0	606.7	508.6	538.5	440.8	466.7	339.1	359.0	288.2	305.1
C3000H		—	—	—	—	670.0	720.0	510.0	545.0	430.0	465.0

Design Deflection of Cell Series: 47.5%

Design Deflection of SU Series: 52.5%

Maximum Deflection of Cell Series: 50%

Maximum Deflection of SU Series: 55%

Tolerance: ±10%

Reaction Force of Cell Fender Series (in metric tons)

Performance		Reaction Force (Ton)									
Rubber Grade		RE		RS		RH		R0		R1	
Defl.		Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion
Size											
C400H		11.0	12.8	9.8	11.4	8.5	9.9	6.5	7.6	5.2	6.0
C500H		18.6	21.5	16.5	19.1	14.3	16.3	11.0	12.7	8.8	10.1
C630H		29.6	33.8	26.3	30.0	22.8	25.6	17.5	20.0	14.0	16.0
C800H		47.3	56.6	42.0	50.3	36.2	42.3	28.0	33.5	21.5	25.5
UC1000H		75.2	80.0	66.8	71.0	57.9	61.5	44.5	47.3	35.6	37.9
UC1150H		99.5	105.8	88.3	93.9	76.5	81.4	58.9	62.6	47.1	50.1
UC1250H		117.6	125.0	104.3	110.9	90.4	95.1	69.6	73.9	55.6	59.2
UC1450H		158.2	168.2	140.4	149.3	121.7	127.4	93.6	99.5	74.9	79.6
UC1600H		192.6	204.7	171.0	181.7	148.2	157.5	114.0	121.2	91.2	96.9
UC1700H		217.4	231.1	193.0	205.2	167.3	177.3	128.7	136.8	102.9	109.4
UC2000H		300.0	319.9	267.1	283.9	231.5	245.1	178.1	189.3	142.5	151.4
UC2250H		422.8	449.4	375.2	398.9	325.2	345.7	250.2	265.9	212.6	226.0
UC2500H		522.0	554.9	463.3	492.5	401.5	426.8	308.8	328.3	262.5	279.1
C3000H		—	—	—	—	580.0	675.0	440.0	520.0	375.0	440.0

Design Deflection of Cell Series: 47.5%

Design Deflection of SU Series: 52.5%

Maximum Deflection of Cell Series: 50%

Maximum Deflection of SU Series: 55%

Tolerance: ±10%

Tabel 5.4 Penyerapan Energi dan gaya reaksi fender (Bridgestone, 1995)

Tabel tersebut menunjukkan performance fender dari beberapa series. Dari tabel tersebut dipilih 3 kandidat fender yang memiliki harga E_n lebih besar daripada harga $E = 22,14 \text{ ton-m}$ yaitu fender SUC1000H (RH), SUC1000H (RS), dan SUC1000H (RE) dengan Performance pada defleksi 52,5 % sebagai berikut:

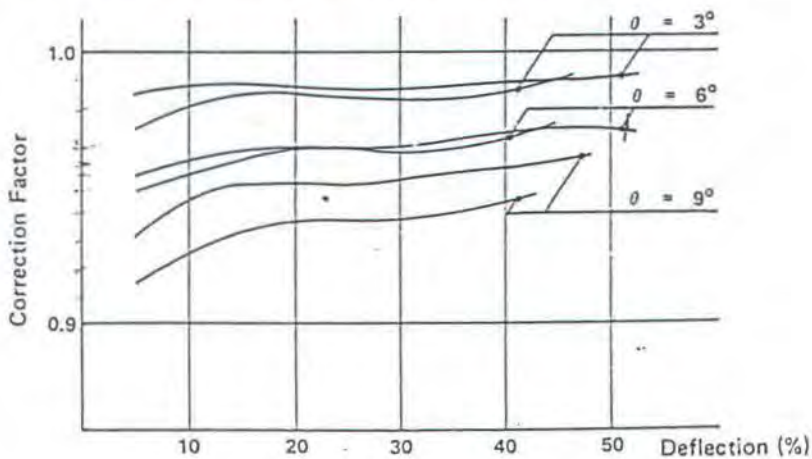
Fender	R_n (Tons)	R_{Max} (Tons)	E_n (Ton-M)	E_{Max} (Ton-M)
SUC1000H (RE)	75,2	80,0	33,0	35,0
SUC1000H (RS)	66,8	71,0	29,3	31,0
SUC1000H (RH)	57,9	61,5	25,4	26,9

Tabel 5.5 Performance fender kandidat (Bridgestone,1995)

Dengan demikian maka diperoleh 3 kandidat fender yang memenuhi syarat bahwa kandidat-kandidat fender tersebut memiliki harga E_n yang lebih besar daripada 22,14 ton-m.

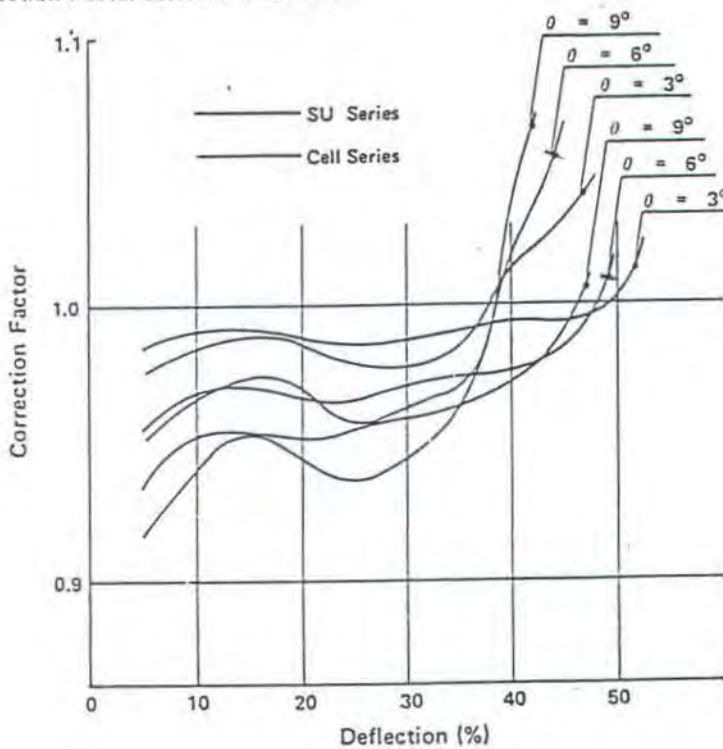
c. Faktor koreksi angular pada sudut 6°

Faktor koreksi angular diperoleh dari tabel berikut ini :



Grafik 5.2 Faktor koreksi untuk E (Bridgestone,1995)

Correction Factor for Reaction Force

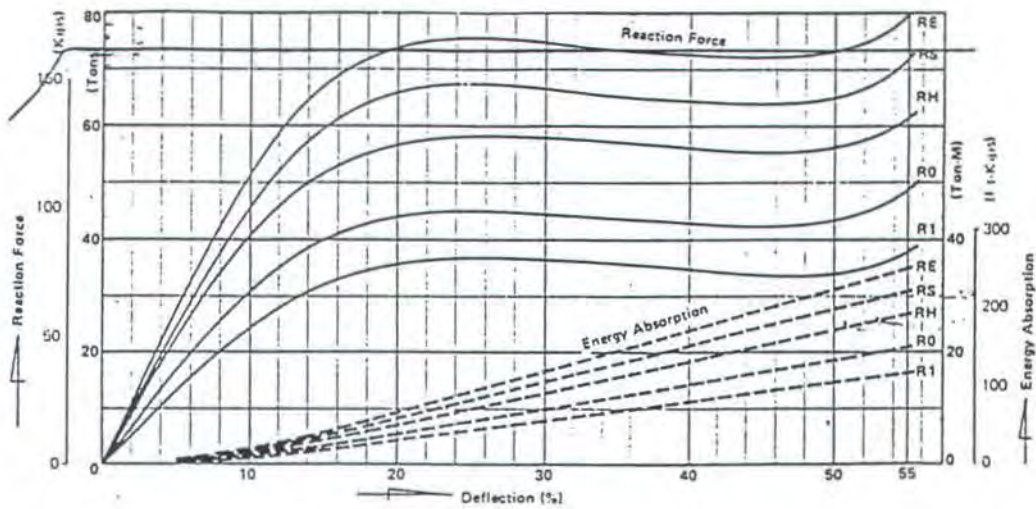


Grafik 5.3 Faktor koreksi untuk gaya reaksi (Bridgestone, 1995)

Perhatikan sudut yang diminta dalam hal ini adalah 6° , selanjutnya perkirakan harga bagi faktor koreksi yang dicari. Dari tabel diperoleh harga $F_{ae} = 0,973$ pada defleksi 50% dan $F_{ar} = 1,017$ pada defleksi 50%

d. Performa Angular pada sudut 6°

Untuk mengetahui performa angular pada sudut 6° maka harus diketahui E_n dan R_n pada defleksi 50%, yang didapat dari grafik 5.2 berikut ini:



Grafik 5.4 Performance Curve SUC1000H (Bridgestone,1995)

Pada tabel tersebut didapat harga E_n dan R_n pada defleksi 50% bagi masing-masing kandidat adalah sebagai berikut :

Fender	R_n untuk Def. 50% (Tons)	E_n untuk Def. 50% (Ton-M)
SUC1000H (RE)	73,16	31,37
SUC1000H (RS)	64,04	27,67
SUC1000H (RH)	56,25	23,95

Tabel 5.6 Performance tiap kandidat pada defl. 50% (Bridgestone,1995)

Performa angular pada sudut 6° dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Ea = En (\text{defl.50\%}) \times Fae$$

$$Ra = Rn (\text{defl.50\%}) \times Far$$

Dengan demikian maka hasil perhitungan untuk Ea dan Ra adalah sebagai berikut :

Fender	Ra (Tons)	Ea (Ton-M)
SUC1000H (RE)	74,4	30,35
SUC1000H (RS)	66,03	26,92
SUC1000H (RH)	57,21	23,06

Tabel 5.7 Hasil perhitungan Ea dan Ra

Untuk Kapal Pelayaran Nusantara digunakan acuan kapal container (pada tabel Berthing Energy and specification of Vessels) karena umumnya kapal tersebut merupakan kapal container yang mengangkut semen, ternak, pupuk serta bahan pangan. Untuk mengetahui hubungan antara DWT dan W_1 , perhatikan tabel dibawah ini :

Vessel	GT	DWT	DT
Freighter, Tanker	1	Approx. 1,5	Approx. 2
Passanger Ships	1	Approx. 0,85	Approx. 1
Container	1	Approx. 1,33	Approx. 2

Dari tabel tersebut, didapat bahwa untuk kapal Container, hubungan antara DWT dengan W_1 dinyatakan sebagai berikut :

$$W_1 = \frac{2}{1.33} \times DWT$$

Untuk mempermudah perhitungan, maka digunakan kapal dengan ukuran 20400 DWT (yang tersedia pada tabel) dengan tujuan untuk mengetahui spesifikasi dari kapal rencana yang akan digunakan pada perhitungan berikutnya. Perhitungan untuk besarnya energi bertambat efektif untuk kapal pelayaran khusus dan kapal samudera adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan E :

$$W_1 = \frac{2}{1.33} \times DWT = \frac{2}{1.33} \times 20400 = 30600 \text{ ton}$$

$$W_2 = \rho \times L \times H^2 \times \frac{\pi}{4} = 1.025 \times 196 \times (10.5)^2 \times \frac{\pi}{4} = 17395 \text{ ton}$$

$$W = W_1 + W_2 = 30600 + 17395 = 47995 \text{ ton}$$

$$E = \frac{W \times V^2}{2g} \times 0.5 = \frac{47995 \times (0.15)^2}{19.6} \times 0.5 = 27.55 \text{ ton-m}$$

Catatan : Harga L dan H diperoleh dari tabel Berthing Energy and Specifications of Vessels dibawah ini.

ontainer

Gross tonnage	Dead weight tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
16,240	19,636	187.0	26.0	15.0	10.5	16,596	46,050	11.7	26.4	47.0
17,184	16,977	208.8	23.8	14.3	9.2	14,227	39,639	10.1	22.8	40.4
21,057	20,400	196.0	27.6	16.6	10.5	17,395	47,995	12.2	27.5	49.0
23,600	23,650	212.5	30.0	16.3	10.5	18,860	54,335	13.9	31.2	55.4
40,000	26,100	242.0	32.2	19.6	10.5	21,478	60,628	15.5	34.8	61.9
51,500	28,900	245.0	32.2	24.0	11.0	23,864	67,214	17.1	38.6	68.6

Tabel 5.8 Spesifikasi kapal container (Bridgestone,1995)

b. Kandidat Fender :

Dari tabel 5.4 dipilih 3 kandidat fender, yaitu :

Fender	R _n (Tons)	R _{Max} (Tons)	E _n (Ton-M)	E _{Max} (Ton-M)
SUC1150H (RH)	76,5	81,4	38,7	40,9
SUC1000H (RE)	75,2	80,0	33,0	35,0
SUC1000H (RS)	66,8	71,0	29,3	31,0

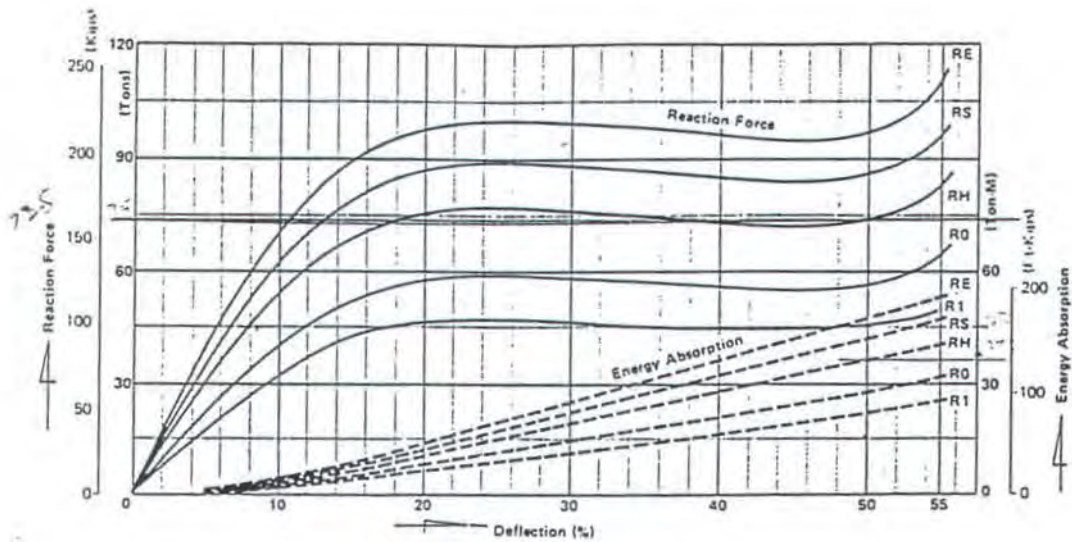
Tabel 5.9 Performance fender kandidat (Bridgestone, 1995)

c. Faktor koreksi angular pada sudut 6°

Faktor koreksi angular diperoleh dari Grafik 5.2 dan 5.3. Dari grafik diperoleh harga $F_{ae} = 0,973$ pada defleksi 50% dan $F_{ar} = 1,017$ pada defleksi 50% untuk sudut 6°

d. Performa Angular pada sudut 6°

Untuk mengetahui performa angular pada sudut 6° maka harus diketahui E_n dan R_n pada defleksi 50%, yang didapat dari grafik 5.4 bagi tipe SUC1000H. Sedangkan untuk tipe SUC1150H dapat dilihat pada grafik 5.5, yang akan ditunjukkan pada halaman berikut.



Grafik 5.5 Performance Curve SUC1150H (Bridgestone,1995)

Pada tabel tersebut didapat harga E_n pada defleksi 50% bagi masing-masing kandidat. Performa masing-masing kandidat pada defleksi 50% adalah sebagai berikut :

Fender	R_n untuk Def. 50% (Tons)	E_n untuk Def. 50% (Ton-M)
SUC1150H (RH)	74,47	36,52
SUC1000H (RE)	73,16	31,37
SUC1000H (RS)	64,03	27,67

Tabel 5.10 Performance tiap kandidat pada defl. 50% (Bridgestone,1995) diolah

Performa angular pada sudut 6° dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E_a = E_n (\text{defl.50\%}) \times F_{ae}$$

$$R_a = R_n (\text{defl.50\%}) \times F_{ar}$$

Dengan demikian maka hasil perhitungan untuk Ea dan Ra adalah sebagai berikut :

Fender	Ra (Tons)	Ea (Ton-M)
SUC1150H (RH)	75,74	35,53
SUC1000H (RE)	74,4	30,35
SUC1000H (RS)	66,03	26,92

Tabel 5.11 Hasil perhitungan Ea dan Ra

Dari perhitungan diatas maka diperoleh 2 harga E dan empat kandidat fender yang akan digunakan sebagai pertimbangan untuk pemilihan sistem fender di pelabuhan Benoa. Dalam perhitungan, kedua harga E tersebut dapat digunakan dalam pemilihan fender yang layak, tergantung intensitas dari masing-masing jenis kapal yang bertambat sehingga diperoleh sistem fender yang sesuai untuk dermaga tersebut. Akan tetapi dalam perencanaan umumnya diambil harga minimal sama dengan yang terbesar agar lebih aman.

Untuk memilih alternatif terbaik, keempat kandidat fender akan dipilih menurut skala penilaiannya.

5.5. Pemilihan Alternatif

Pengambilan keputusan penggunaan fender yang sesuai dalam masalah yang cukup kompleks diusahakan agar tidak hanya berusaha untuk mengoptimalkan suatu tujuan tunggal. Hal ini berarti bahwa

keputusan yang diambil merupakan keputusan yang terbaik untuk mencapai tujuan tersebut dengan tidak mengabaikan kepentingan lain yang terkait dalam sistem tersebut. Dengan demikian maka pemilihan alternatif akan dilakukan dengan tidak mengesampingkan unsur-unsur yang terkait di dalamnya, terutama mengenai kriteria desain yang harus dipenuhi.

Dalam proses pengambilan keputusan dengan kriteria yang banyak, Thomas L. Saaty telah mengembangkan suatu metode pengambilan keputusan untuk sistem yang memiliki banyak kriteria (Multi Criteria System). Metode ini dikembangkan dalam kurun waktu 1971 - 1975 dan diperkenalkan pertama kali di Indonesia pada tahun 1988. Metode ini sebenarnya lebih banyak diterapkan dalam bidang ekonomi, tetapi konsep dasar pengambilan keputusan yang ditawarkan agaknya dapat diterapkan dalam bidang teknologi, khususnya untuk perencanaan dengan merumuskan masalah berdasarkan tujuan. Jadi dapat dikatakan bahwa merumusan masalahnya didasarkan pada kriteria yang harus dipenuhi.

Metode ini menawarkan suatu proses pengambilan keputusan dengan cara memberikan penilaian terhadap setiap alternatif sesuai dengan prioritas kepentingannya dan atau kemampuan alternatif tersebut untuk memenuhi kriteria tertentu, atau dapat dikatakan bahwa penilaian yang dilakukan adalah berdasarkan pada pemenuhan kriteria prioritas.

Dengan metode ini, setiap alternatif akan diberi beberapa kriteria, sesuai dengan prioritas kepentingannya. Masing-masing kriteria akan memiliki sub kriteria. kemudian setiap alternatif akan diberi nilai sesuai dengan kemampuannya dalam memenuhi kriteria yang diberikan. Hasil penilaiannya akan memberikan suatu nilai kuantitatif, dan alternatif yang terpilih adalah alternatif yang punya nilai paling besar.

Untuk lebih mempermudah pemahaman konsep ini, diharapkan langkah-langkah pengambilan keputusan ini dapat dijadikan sebagai panduan dalam proses pengambilan keputusan. Langkah-langkah pengambilan keputusan khususnya dalam pemilihan fender yang layak adalah sebagai berikut :

1. Tentukan urutan skala prioritas yang didasarkan pada ketentuan desain.
2. Buat skala penilaian bagi kemampuan kandidat dalam pemenuhan kriteria.
3. Periksa kemampuan kandidat untuk memenuhi kriteria, kemudian beri penilaian.
4. Jumlahkan hasil penilaian, kemudian pilih kandidat yang memiliki nilai kuantitatif tertinggi.

Untuk menyamakan persepsi, urutan skala prioritas ditentukan sebagai berikut :

1. Besarnya harga E_n dan E_a dengan pertimbangan bahwa pada umumnya performa fender dilihat dari besarnya penyerapan energi oleh fender.
2. Dimensi dari fender, karena berkaitan dengan luasan kontak area yaitu bagian yang mengalami kontak terhadap kapal agar kapal aman pada saat merapat. Semakin besar luasan dari fender yang mengalami kontak, maka semakin luas daerah kontak yang terlindungi.

Dalam proses pengambilan keputusan untuk fender yang akan digunakan, berikut ini diberikan suatu bentuk tabel yang digunakan sebagai dasar untuk memberikan nilai bagi masing-masing alternatif :

Nilai	Kondisi bila	Kondisi bila	Kondisi bila
Nilai 1	Memenuhi kriteria desain tetapi menempati urutan ketiga dalam pemenuhan kriteria desain	Perbandingan dimensi terhadap terkecil dibanding alternatif lainnya atau menempati urutan keempat dalam perbandingan dimensi	Perbandingan kemampuan pemenuhan kriteria terkecil dibanding alternatif lainnya atau menempati urutan keempat dalam perbandingan kemampuan pemenuhan kriteria desain
Nilai 2	Memenuhi kriteria desain atau menempati urutan ketiga dalam pemenuhan kriteria desain	Perbandingan dimensi lebih kecil dibanding alternatif lainnya atau menempati urutan ketiga dalam perbandingan dimensi	Perbandingan kemampuan pemenuhan kriteria lebih kecil dibanding alternatif lainnya atau menempati urutan ketiga dalam perbandingan kemampuan pemenuhan kriteria desain

Nilai	Kondisi bila	Kondisi bila	Kondisi bila
Nilai 3	Memenuhi kriteria desain atau menempati urutan kedua dalam pemenuhan kriteria desain	Perbandingan dimensi lebih besar dibanding alternatif lainnya atau menempati urutan kedua dalam perbandingan dimensi	Perbandingan kemampuan pemenuhan kriteria lebih besar dibanding alternatif lainnya atau menempati urutan kedua dalam perbandingan kemampuan pemenuhan kriteria desain
Nilai 4	Memenuhi kriteria desain atau menempati urutan pertama dalam pemenuhan kriteria desain	Perbandingan dimensi terbesar dibanding alternatif lainnya atau menempati urutan pertama dalam perbandingan dimensi	Perbandingan kemampuan pemenuhan kriteria terbesar dibanding alternatif lainnya atau menempati urutan pertama dalam perbandingan kemampuan pemenuhan kriteria desain

Tabel 5.12 Skala penilaian

Sebagai catatan bahwa penentuan skala penilaian ini tidaklah mutlak melainkan tergantung pada kriteria yang diinginkan. Sebagai contoh, jika harga merupakan kriteria dimana yang diutamakan adalah harga yang murah, maka bila harga alternatif tersebut akan diberikan nilai 4 bila alternatif tersebut lebih murah dibandingkan dengan alternatif lainnya, dan sebaliknya. Begitu pula jika alternatif yang ada lebih dari 4, maka skala penilaian akan ditentukan lagi menurut kondisi yang diinginkan.

5.5.1 Pemilihan Fender dengan Penerapan skala penilaian

Kriteria desain yang diberikan bagi fender yang layak adalah sebagai berikut :

- 1. $E_n > E$
- 2. $E_a > E$

Perlu diperhatikan bahwa harga E yang digunakan dalam kriteria ini merupakan harga E yang terbesar yaitu $E = 27,55 \text{ Ton-M}$.

Untuk pemilihan fender yang layak, dimensi dari fender menjadi kriteria karena berkaitan dengan contact area fender tersebut untuk melindungi badan kapal.

Dari data tersebut, selanjutnya dibuat suatu penilaian terhadap kemampuan fender tersebut. Penilaian terhadap kedua kandidat fender dapat dilihat pada tabel berikut :

Kandidat	$E_a > E$	$E_n > E$	Rasio Panjang	Rasio lebar	Rasio tinggi	Rasio E_{Max}	Jumlah nilai
SUC1000H (RH)	-	1	3	3	3	3	13
SUC1000H (RS)	2	2	3	3	3	3	16
SUC1000H (RE)	3	3	3	3	3	3	18
SUC1150H (RH)	4	4	4	4	4	4	24

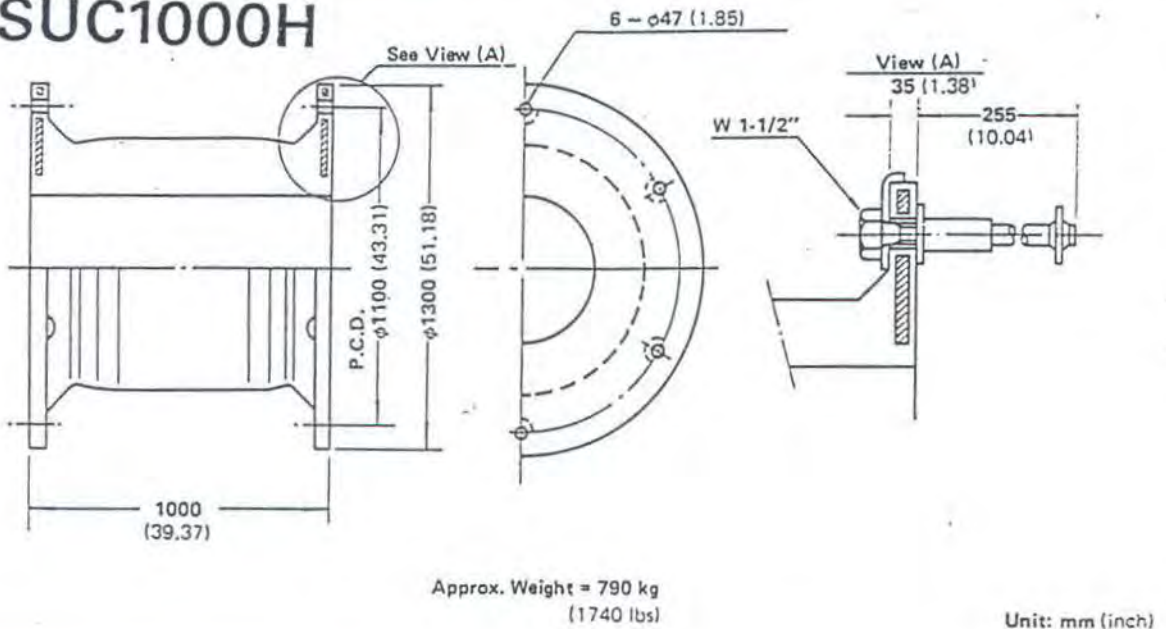
Dari penilaian tersebut diketahui bahwa fender SUC1150H (RH) memiliki kemampuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kandidat

fender lainnya. Apabila jumlah kapal yang sering merapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan dalam artian bahwa banyaknya kapal yang merapat mendapat prioritas pemenuhan kriteria, maka sebetulnya keempat kandidat fender memiliki kemampuan yang sama, hanya saja perlu diperhatikan bahwa kemampuan penyerapan energi yang dimiliki oleh fender SUC1000H (RH) lebih kecil daripada harga E yang diminta oleh kapal jenis container.

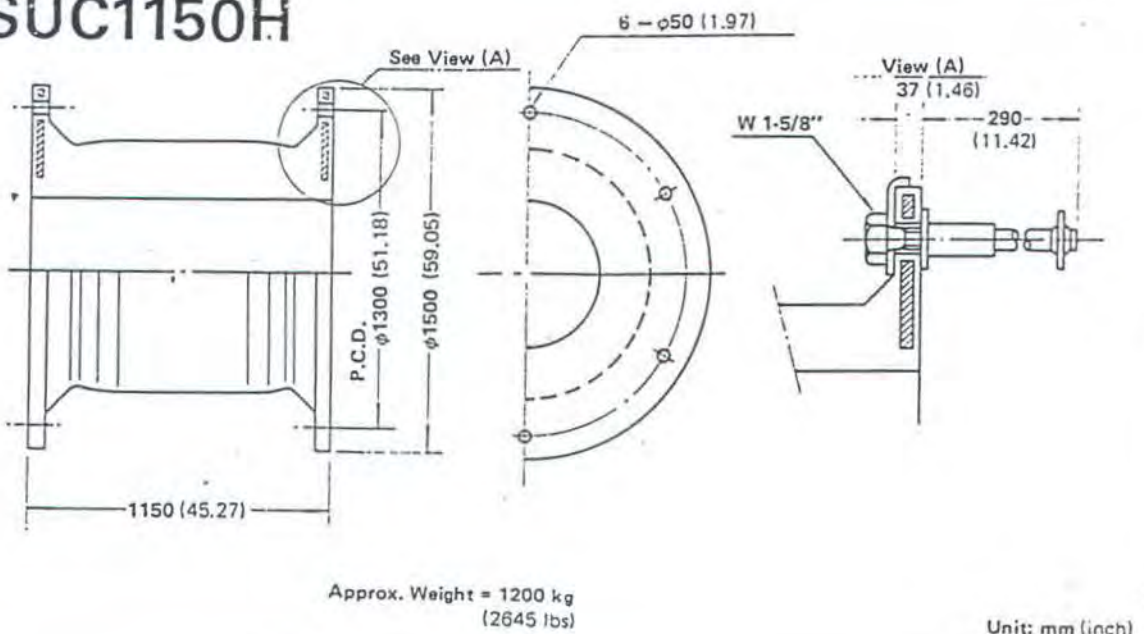
Dari hasil analisa diperoleh fender SUC1150H (RH) memperoleh nilai kuantitatif tertinggi sehingga dapat disebut sebagai fender yang layak. Bila pemilihan fender dilakukan berdasarkan syarat kecukupan penyerapan energi dalam artian bahwa yang diambil adalah harga penyerapan energi yang terdekat, tetapi tidak boleh lebih kecil dari E yang terbesar, maka fender SUC1000H(RE) juga dapat dikategorikan sebagai fender yang layak. Akan tetapi, bila dikaitkan dengan kondisi pasang surut yang terjadi, dimensi fender memegang peranan penting dalam desain, dalam artian semakin besar dimensi fender maka akan semakin baik. Dengan demikian, maka diperoleh dua kandidat fender yang layak dari segi pemenuhan kriteria penyerapan energi, tetapi bila dikaitkan dengan kondisi pasang surut, dimensi fender tipe SUC1150H(RH) adalah lebih besar dibandingkan dengan tipe SUC1000H(RE). Dalam perhitungan selanjutnya, kedua tipe fender tersebut akan tetap dijadikan sebagai

pertimbangan dalam kaitannya dengan pasang surut. Dimensi dari kedua tipe fender tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini :

SUC1000H



SUC1150H



Gambar 5.2 Dimensi fender terpilih (Bridgestone, 1995)

5.6. Penempatan Fender pada Dermaga

Menurut Bridgestone (1995), yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan posisi fender pada dermaga adalah Freeboard terkecil dari masing-masing kapal yang sering merapat di dermaga. Untuk kasus pada pelabuhan Benoa, diasumsikan bahwa kapal yang terkecil yang akan merapat adalah kapal dengan bobot 1000 DWT bagi masing-masing jenis kapal. Untuk mengetahui freeboard yang terkecil dari tiap jenis kapal yang merapat dapat diperoleh dari spesifikasi kapal dengan menggunakan perumusan yang diberikan oleh Bridgestone sebagai berikut :

$$\text{Freeboard} = \text{Depth} - \text{Full Draught}$$

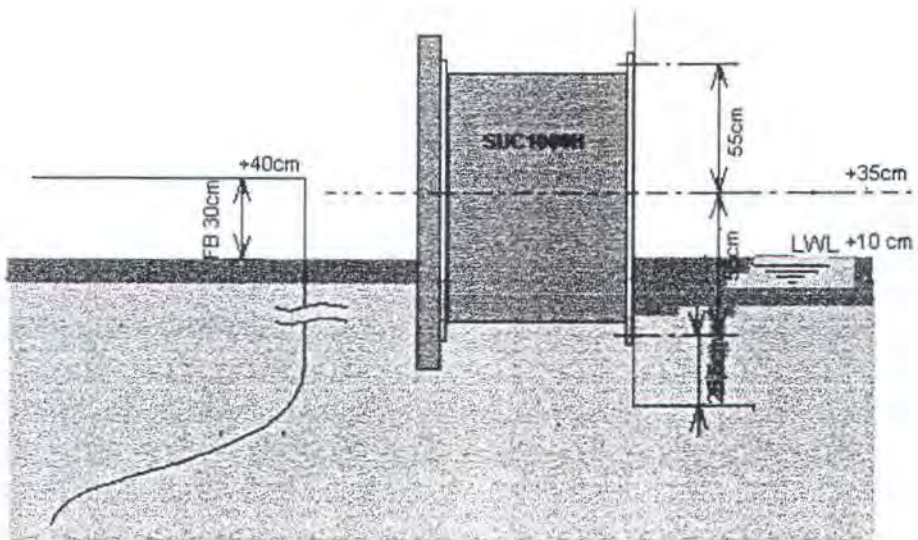
Dari Table of berthing energy and specification of vessel (pada Tabel 5.4 dan 5.12) diperoleh harga untuk masing-masing jenis kapal yang memiliki freeboard terkecil sebagai berikut :

Jenis	DWT	Depth	Full Draught	Freeboard
Tanker	1000	4,5 m	4,2 m	0,3 m
Pelayaran khusus	1000	4,8 m	4,3 m	0,5 m
Container	16240	15,0 m	10,5 m	4,5 m

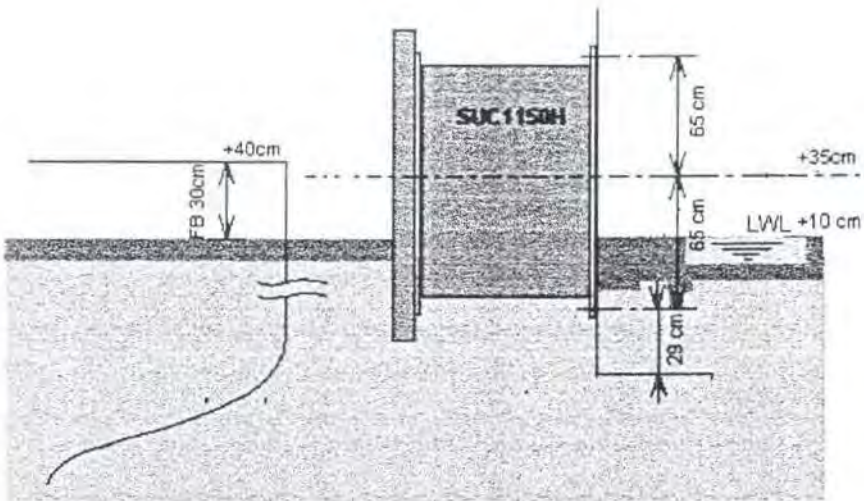
dari tabel tersebut diketahui bahwa yang memiliki freeboard terkecil adalah dari kedua jenis kapal tersebut adalah kapal tanker, dengan freeboard setinggi 0,3 meter. Dengan demikian, harga freeboard yang dijadikan acuan dalam menentukan posisi fender adalah sebesar 0,3 m

Penempatan fender, menurut Bridgestone adalah diusahakan agar bagian teratas dari freeboard kapal terkecil akan mengalami kontak pada posisi yang lebih tinggi daripada pusat fender tersebut. Dengan demikian maka sangatlah penting untuk memeriksa posisi teratas dan terbawah dari wharf serta freeboard minimum dari masing-masing jenis kapal.

Dengan berdasarkan pada beda pasang-surut yang terjadi pada pelabuhan, posisi terendah dari wharf dan fender, serta minimum freeboard dari kapal, posisi fender dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5.3 Penempatan fender SUC1000H (RE) pada dermaga



Gambar 5.4 Penempatan fender SUC1150H (RH) pada dermaga

Dari kedua ilustrasi di atas maka dapat diketahui bahwa sistem fender yang sesuai bagi pelabuhan Benoa dikaitkan dengan kondisi pasang surut yang terjadi pada areal pelabuhan adalah dengan menggunakan fender tipe SUC1000H (RE) dan SUC1150H (RH) dengan penempatan seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.3 dan 5.4, tetapi dengan pertimbangan Contact area oleh fender yang diperoleh dengan rumusan yang diberikan oleh Bridgestone (1995) berikut ini :

$$ContactArea = \frac{R_{Max}}{FP}$$

Dimana R_{Max} = Gaya Reaksi Maksimum Fender

FP = Tekanan Muka fender yang diminta

maka fender yang lebih baik untuk digunakan adalah fender yang memiliki R_{Max} yang lebih besar (harga R_{Max} dapat dilihat pada tabel 5.5).. Pada kasus ini, jika diambil harga FP = 30 T/M² maka contact area bagi masing-masing fender adalah sebagai berikut :

Untuk fender tipe SUC1000H (RE)

$$ContactArea = \frac{80,0}{30} = 2,67 \text{ m}^2$$

Untuk fender tipe SUC1150H (RH)

$$ContactArea = \frac{81,4}{30} = 2,71 \text{ m}^2$$

Selanjutnya, perhatikan ukuran standar dari frontal frame berikut ini :

Fender size		C800H	SUC1000H	SUC1150H	SUC1250H	SUC1450H	SUC1600H
Standard maximum face pressure (ton/m ²)		A x B	A x B	A x B	A x B	A x B	A x B
Truck grade							
RE	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	1400 x 1440	1700 x 1780	1980 x 2050	1980 x 2360	2280 x 2660	2640 x 2740
	25	1370 x 1750	1730 x 2080	1980 x 2360	2320 x 2400	2360 x 3045	2890 x 2970
	20	1670 x 1750	1980 x 2360	2360 x 2440	2590 x 2660	2890 x 3070	3260 x 3270
RS	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	1370 x 1440	1670 x 1750	1700 x 2080	2020 x 2050	2280 x 2360	2360 x 2740
	25	1430 x 1480	1670 x 2050	2020 x 2050	2060 x 2400	2340 x 2720	2590 x 2970
	20	1430 x 1810	1980 x 2050	2280 x 2360	2280 x 2660	2890 x 2970	2940 x 3270
RH	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	1100 x 1440	1370 x 1750	1730 x 1780	1730 x 2110	2060 x 2360	2360 x 2400
	25	1370 x 1440	1670 x 1750	1730 x 2110	2060 x 2110	2360 x 2360	2590 x 2660
	20	1370 x 1750	1730 x 2050	1980 x 2360	2280 x 2360	2590 x 2660	2690 x 3070
R0	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	1100 x 1140	(28.4)	(24.3)	(28.7)	(27.0)	2280 x 2050
	25	1100 x 1440	1370 x 1750		1670 x 2050	2280 x 2050	2590 x 2050
	20	1370 x 1440	1670 x 1750	1730 x 2050	2020 x 2050	2280 x 2360	2690 x 2400
R1	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	(23.8)	(22.7)	(19.4)	(22.9)	(21.6)	(25.7)
	25						2060 x 2080
	20	1070 x 1440	1370 x 1750		1670 x 2050	2060 x 2110	2280 x 2360

Tabel 5.13 ukuran standar frontal frame (Bridgestone, 1995)

Pemilihan frontal frame harus lebih besar daripada diameter terluar dari fender. Fender tipe SUC1000H (RE) memiliki diameter luar 1300mm sedangkan fender tipe SUC1150H (RH) memiliki diameter luar 1500mm, dengan demikian, maka ukuran frontal frame yang terpilih harus memiliki panjang dan lebar yang lebih dari diameter luar fender tersebut. Dari tabel tersebut, diketahui bahwa ukuran frontal frame yang dapat digunakan bagi kedua tipe fender adalah frontal frame dengan ukuran tertentu, yang akan memberikan area yang memenuhi syarat yang diminta bagi masing-masing fender sebagai berikut :

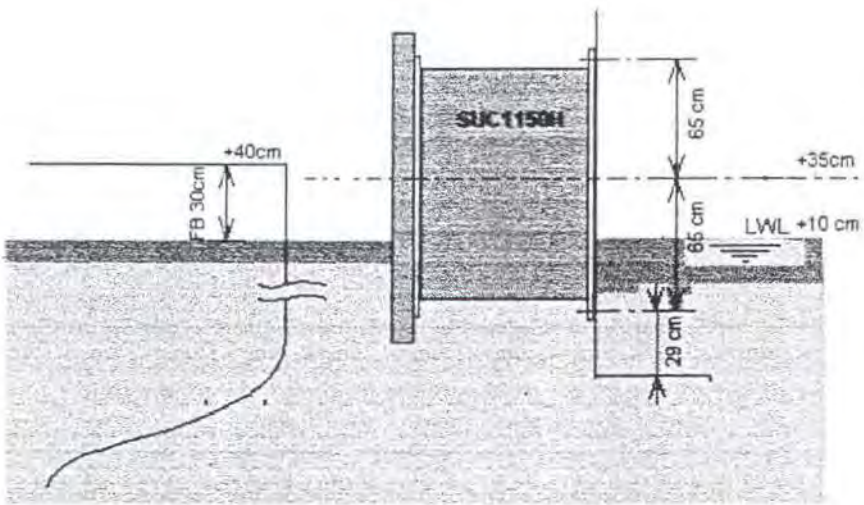
$$\text{Untuk fender tipe SUC1000H (RE)} = 1,70 \times 1,78 = 3,026 \text{ m}^2$$

$$\text{Untuk fender tipe SUC1150H (RH)} = 1,67 \times 1,75 = 2,9225 \text{ m}^2$$

Dengan mempertimbangkan bahwa area yang diminta adalah yang mendekati harga contact area , maka fender yang lebih baik untuk digunakan adalah fender tipe SUC1150H (RH) dengan penempatan seperti ditunjukkan pada gambar 5.4, akan tetapi fender tipe SUC1000H(RE) dengan penempatan seperti yang ditunjukkan oleh gambar 5.3 dapat juga diterapkan.

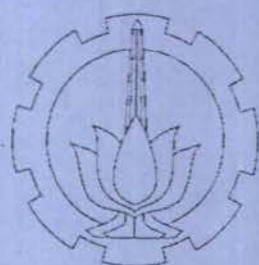
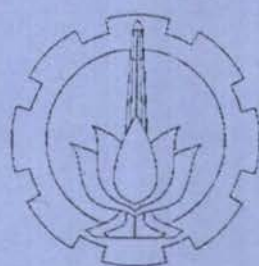
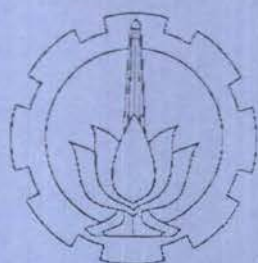
5.7 Sistem fender yang disarankan pada pelabuhan tinjauan

Dari perhitungan di atas, maka sistem fender yang sebaiknya digunakan pada pelabuhan tinjauan adalah sebagai berikut :



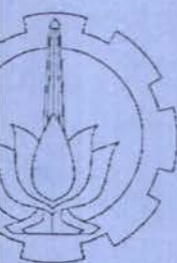
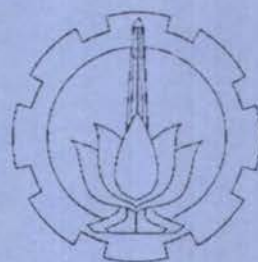
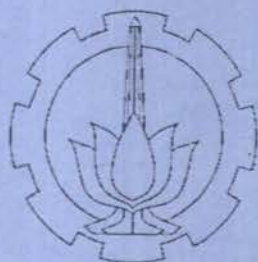
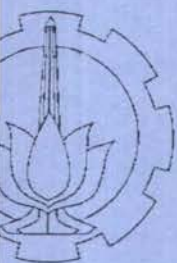
Gambar 5.5 Posisi terendah fender yang disarankan

Dalam kaitannya dengan desain, sistem fender tersebut dapat dikatakan layak dan ekonomis dalam pemakaiannya. Sistem fender tersebut mampu menyerap energi bertambat efektif dari keseluruhan jenis kapal yang sering merapat pada dermaga di pelabuhan Benoa pada setiap kondisi pasang surut. Dengan demikian, maka disarankan untuk menggunakan fender SUC1150H (RH) dan posisi fender yang terendah seperti yang ditunjukkan gambar 5.5. sehingga sistem fender tersebut lebih ekonomis dalam pemakaiannya.



BAB VI

PENUTUP



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari pembahasan Laporan Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

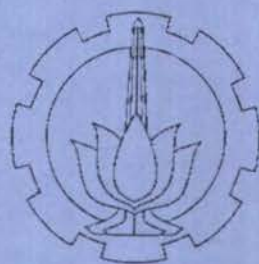
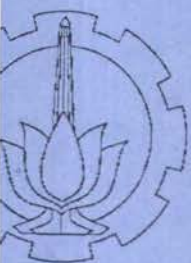
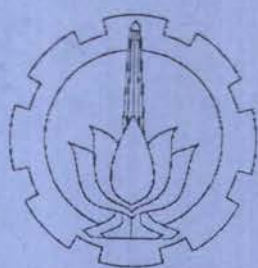
1. Energi bertambat efektif dari kapal sangat menentukan dalam pemilihan fender.
2. Dalam memilih fender, penyerapan energi oleh fender setidaknya harus sama dengan energi bertambat efektif dari kapal, untuk mendapatkan fender yang sesuai.
3. Untuk mendapatkan sistem fender yang ekonomis dan efisien dalam pemakaiannya perlu diketahui kondisi alam pada areal pelabuhan, khususnya beda pasang surut di areal pelabuhan tersebut, berikut data lalu lintas kapal yang sering merapat pada pelabuhan tersebut.
4. Freeboard kapal serta beda pasang surut yang terjadi pada areal pelabuhan akan berpengaruh dalam penentuan posisi terendah fender pada dermaga.
5. Untuk menentukan posisi terendah fender, perlu diperhatikan titik kontak dari kapal dengan sistem fender. Dalam kaitannya dengan

pasang surut, disarankan untuk menempatkan sistem fender pada posisi dimana bagian teratas dari freeboard terendah dari kapal terkecil pada posisi surut terendah akan mengalami kontak terhadap sistem fender pada posisi yang lebih tinggi daripada titik pusat marine fender.

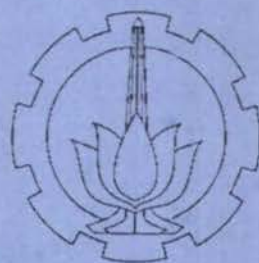
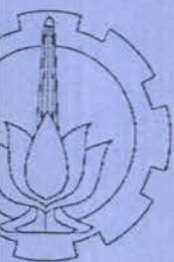
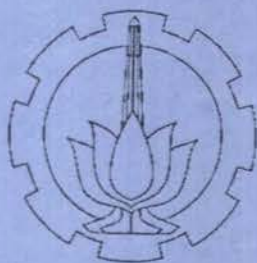
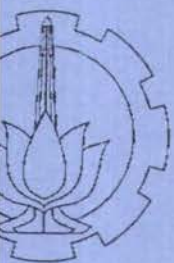
6. Untuk pelabuhan Benoa, jenis kapal container akan memberikan harga energi bertambat efektif (E) yang terbesar sehingga disarankan untuk menggunakan fender tipe SUC1150H(RH) dengan pertimbangan bahwa fender tersebut mampu menyerap energi yang ditimbulkan oleh kapal container. Sedangkan penentuan posisi terendah fender ditentukan dengan acuan kapal tanker berukuran 1000 DWT yang memiliki freeboard terendah dari keseluruhan jenis kapal yaitu 0,3 meter di atas LWL. Dengan mengacu pada freeboard terendah, maka posisi terendah fender dapat ditentukan.

2.2 Saran-Saran

Dalam usaha untuk mendapatkan nilai ekonomis dari keseluruhan sistem pada dermaga maka sebaiknya nilai ekonomis konstruksi dijadikan sebagai pertimbangan dalam perencanaan, sehingga diperoleh suatu sistem yang ekonomis baik dari segi konstruksi maupun dalam pemakaiannya.



DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

Abbet, Robert,W., *American Civil Engineering Practice Vol. I*, John Wiley & Sons, New York,1956.

Bindra,S P., *Docks and Harbour Engineering*, Dhanpat Rai & Sons, 1978.

Bridgestone, *Marine Fender Catalogue*, Bridgestone Corporation, Tokyo, Japan, 1995.

Horikawa,Kiyoshi., *Coastal Engineering, An Introduction to Ocean Engineering*, John Wiley & Sons, New York,1978.

Hutabarat,Sahala.,Evans,Stewart.M., *Pengantar Oceanografi*, UI-PRESS,1986.

Japan International Cooperation Agency, *The Feasibility Study on The Urgent Bali Beach Conservation Project, Volume 1*,March 1989., Kantor Dinas Pekerjaan Umum Daerah Tingkat I Bali, 1989.

Journal of Waterway,Port,Coastal,and Ocean Engineering, July/August, 1996.

Karmadibrata, Soedjono,. *Perencanaan Pelabuhan*, Ganeca Exact Bandung, 1985.

Mangkusubroto, Kuntoro., *Analisa Keputusan*, Institut Teknologi Bandung, 1982.

Merrit, Frederick S., *Standard Handbook for Civil Engineering*, McGraw-Hill Book Company, 1972.

Muckle, W., Taylor, D A., *Muckle's Naval Architecture*, Butterworth, 1987.

Mulyono, Sri., *Operation Research.*, Lembaga Penerbit FE-UI, 1991.

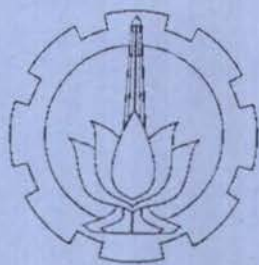
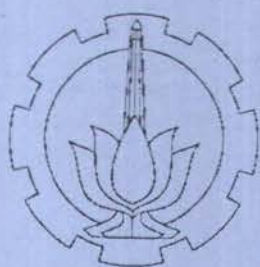
Pratikto, W.A., Armono, Haryo .D., Suntoyo., *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Lautan*, Kerjasama Segitiga Biru, FTK-ITS, 1996.

Quinn, Alonzo DeF., *Design and Construction of Port and Marine Structures*, McGraw-Hill Book Company, 1972.

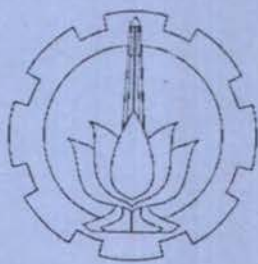
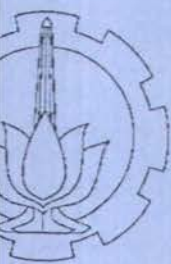
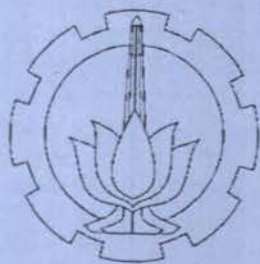
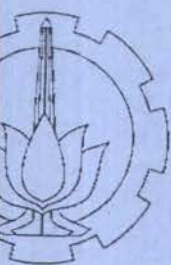
Sears, F.W., Zemansky, M.W., *Principles of Physics*, McGraw-Hill Book Company, 1969.

Sorensen, Robert.M., *Basic Coastal Engineering*, John Wiley & Sons, New York, 1978.

Working Group on Fender System Design, *Design of Fender System*, Japanese National Section of Permanent International Association of Navigation Congress, March 1980.



LAMPIRAN A



39. BENOA (BALI)

08° 5' S — 115° 2' E

MEI 1996

Waktu: G.M.T. + 08.00

T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1		8	6	6	7	10	14	18	21	22	22	19	15	10	7	5	5	7	10	14	18	20	20	18	14		1
2		10	7	5	5	7	11	16	21	23	24	22	18	13	8	4	3	4	7	11	16	19	21	20	17		2
3		13	9	5	4	5	9	14	19	23	25	24	21	16	10	5	2	2	4	8	13	17	20	21	20		3
4		16	11	7	4	4	6	11	16	21	25	26	24	19	14	8	3	1	1	5	9	15	19	21	21		4
5		18	14	9	6	4	5	8	13	19	23	26	25	22	17	11	5	2	1	2	6	11	16	20	21		5
6		20	17	12	8	5	4	6	10	16	21	24	26	24	20	14	9	4	1	1	4	8	13	18	20		6
7		21	19	15	11	7	5	6	8	13	18	32	24	24	22	17	12	7	3	2	3	6	10	15	18		7
8		20	19	17	13	10	7	6	7	10	15	19	22	23	23	20	15	10	6	3	3	5	8	12	16		8
9		18	19	18	16	12	10	8	7	9	12	16	19	21	22	20	17	13	8	6	4	5	8	13		9	
10		16	18	18	17	15	12	10	9	9	10	13	16	18	20	20	18	16	13	9	7	6	8	10		10	
11		13	16	17	18	17	15	13	11	10	10	11	13	15	16	18	16	17	14	13	10	8	7	7	8		11
12		10	13	15	17	18	17	16	14	12	11	10	11	13	15	16	17	16	15	13	11	9	8	7		12	
13		8	10	13	15	17	18	18	17	15	13	11	10	9	10	11	13	15	16	17	16	14	12	10	8		13
14		7	8	10	13	16	18	20	20	19	16	13	10	8	7	8	10	12	12	17	17	17	11	12	5		14
15		7	7	8	10	13	17	20	21	21	19	16	12	9	6	5	6	9	12	15	18	18	17	15	12		15
16		9	6	6	7	10	15	19	22	23	22	19	15	11	7	4	4	6	9	13	17	19	19	18	15		16
17		11	7	5	6	8	12	17	21	24	24	23	19	13	8	4	2	3	6	10	14	18	20	20	17		17
18		13	9	6	5	6	9	14	19	23	25	25	22	17	11	6	2	1	3	7	11	16	20	21	19		18
19		16	12	8	5	5	7	11	16	21	25	26	24	20	14	8	4	1	1	4	8	13	18	20	21		19
20		19	15	10	7	5	5	8	13	18	23	25	25	23	18	12	6	2	1	2	5	10	15	19	21		20
21		20	17	13	9	6	5	7	10	15	20	24	25	24	20	15	9	5	2	1	3	7	12	17	20		21
22		20	19	16	12	8	6	6	8	12	17	21	24	24	22	18	13	8	4	2	3	5	9	14	18		22
23		20	20	18	15	11	8	7	7	10	14	18	21	23	22	20	16	11	7	4	3	4	7	11	15		23
24		18	19	19	17	14	11	9	8	9	11	14	18	20	21	20	18	14	10	7	5	4	6	9	12		24
25		15	18	19	18	16	14	11	10	9	10	12	14	17	19	19	18	16	13	10	7	6	6	7	10		25
26		13	15	17	18	18	17	14	12	11	10	10	11	13	15	17	17	17	15	13	10	8	7	7	8		26
27		10	13	15	17	19	18	17	15	13	11	10	10	10	12	14	15	16	16	15	13	11	9	8	7		27
28		8	10	13	16	18	19	19	18	16	14	11	9	8	9	10	12	14	16	16	16	14	12	10	8		28
29		7	8	10	13	16	19	21	21	19	17	14	10	8	7	7	9	11	14	16	17	17	15	12	10		29
30		8	7	8	10	14	17	20	22	22	20	17	13	9	6	5	6	8	11	14	17	13	17	15	12		30
31		9	7	6	8	11	15	19	22	24	23	20	16	11	7	4	3	5	8	12	16	18	19	18	15		31

JUNI 1996

T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1		11	8	6	6	8	12	16	21	24	25	23	19	14	9	4	2	2	5	9	13	17	19	19	18		1
2		14	10	7	5	6	9	13	18	23	25	25	22	17	12	6	3	1	2	6	10	15	19	20	20		2
3		17	13	9	6	5	7	10	15	20	24	26	24	21	15	9	4	1	1	3	7	12	17	20	21		3
4		19	16	11	8	5	6	8	12	17	22	25	25	23	18	13	7	3	1	1	5	9	14	18	20		4
5		20	18	14	10	7	6	6	10	14	19	23	25	24	21	16	10	5	2	1	3	6	11	16	19		5
6		21	20	17	13	9	7	6	8	11	15	20	23	24	22	19	14	9	4	2	2	5	9	13	17		6
7		20	20	19	16	12	9	7	7	9	12	16	20	22	22	20	16	12	8	4	3	4	7	10	14		7
8		18	20	20	18	15	12	9	8	8	10	13	16	19	20	20	18	15	11	7	5	4	6	8	12		8
9		15	18	19	19	18	15	12	10	9	9	11	13	15	18	18	18	16	13	10	8	6	6	7	9		9
10		12	16	18	19	19	18	15	13	11	10	9	10	12	14	16	17	17	15	13	11	8	7	7	8		10
11		10	13	16	18	19	19	18	16	14	11	10	9	9	11	13	14	16	16	15	13	11	9	8	8		11
12		8	10	13	16	18	20	20	19	17	14	11	9	8	8	9	11	13	15	16	16	14	12	10	8		12
13		8	8	10	13	16	19	21	21	20	17	14	11	8	6	6	8	10	13	15	16	16	15	13	10		13
14		8	7	8	10	14	17	20	22	22	21	17	13	9	6	5	5	7	10	13	16	18	17	15	13		14
15		10	8	7	8	11	15	19	22	24	23	21	16	12	7	4	3	4	7	11	15	17	19	18	15		15
16		12	9	7	6	8	12	16	20	23	25	23	20	15	10	5	2	2	4	8	12	16	19	20	18		16
17		15	11	8	6	6	9	13	18	22	25	25	23	18	13	7	3	1	2	5	9	14	18	20	20		17
18		18	14	10	7	6	7	10	14	19	23	25	25	21	16	10	5	2	1	2	6	11	16	19	21		18
19		20	17	13	9	6	6	7	11	16	21	24	25	23	19	14	8	3	1	1	4	8	13	18	20		19
20		21	19	15	11	8	6	6	9	13	17	22	24	24	21	17	11	6	3	1	2	6	11	15	19		20
21		21	21	18	14	10	7	6	7	10	14	18	22	23	22	19	14	9	5	2	2	4	8	13	17		21
22		20	21	20	17	13	10	7	7	11	15	18	21	22	20	17	13	8	5	3	4	6	10	14		22	
23		18	20	21	19	16	13	10	8	9	12	15	18	20	20	18	15	11	8	5	4	5	8	12		23	
24		15	18	20	20	19	16	13	10	9	9	10	12	14	17	18	18	16	14	11	8	6	6	7	9		24
25		13	16	18	20	20	18	16	13	11	9	9	10	11	13	15	16	16	15	13	11	9	7	7	8		25
26		10	13	16	18	20	20	19	17	14	11	10	9	9	10	12	13	15	15	15	14	12	10	8		26	
27		9	11	13	16	19	20	20	19	17	14	12	9	8	7	8	10	12	14	15	15	14	13	11	9		27
28		8	9	10	13	16	19	21	21	20	18	14	11	8	6	6	7	9	12	14	16	16	15	13	11		28
29		9	8	8	10	13	17	20	22	22	21	18	14	10	6	4	4	6	9	12	15	17	17	16	14		29
30		11	8	7	8	10	14	18	21	23	23	21	17	12	8	4	3	3	6	10	14	17	19	18	16		30

$08^{\circ},75 - 115^{\circ},27$

Waktu : G.M.T. + 08.00'

T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	13	10	7	7	8	11	15	19	23	24	24	21	16	11	6	3	2	3	7	11	16	19	20	19		1	1
2	16	12	9	6	6	8	12	16	21	24	25	23	19	14	8	4	1	1	4	8	13	18	20	21		2	2
3	19	15	11	7	6	6	9	13	18	22	25	25	22	17	11	6	2	1	2	5	10	16	19	21		3	3
4	21	18	14	10	6	5	6	10	15	19	23	25	24	20	15	9	4	1	1	3	8	13	18	21		4	4
5	22	20	17	12	8	6	5	7	11	16	20	23	24	22	18	12	7	3	1	2	5	10	15	19		5	5
6	22	21	19	15	11	8	6	6	9	13	17	21	22	22	19	15	10	6	3	2	4	8	12	17		6	6
7	20	22	21	18	14	10	7	6	7	10	14	17	20	21	20	17	13	9	5	3	4	6	10	14		7	7
8	18	21	21	20	17	14	10	8	7	8	11	14	17	19	19	18	15	12	8	6	5	6	8	12		8	8
9	15	19	20	21	19	17	13	11	9	8	9	11	13	16	17	17	16	14	11	8	7	6	7	10		9	9
10	13	16	19	20	20	19	17	14	11	9	9	9	10	12	14	15	16	15	13	11	9	8	8	9		10	10
11	11	13	16	18	20	20	19	17	14	12	10	8	8	9	11	13	14	13	12	14	12	10	9	9		11	11
12	9	11	13	16	18	20	20	18	15	12	9	8	7	8	9	11	12	11	12	15	13	11	10		12	12	
13	9	9	10	13	16	18	21	21	21	18	15	12	8	6	6	6	6	11	14	16	16	14	12		13	13	
14	10	8	8	10	13	16	19	22	22	21	19	15	10	7	4	4	4	8	12	15	17	18	17	15		14	14
15	12	9	8	8	9	13	17	20	23	23	22	18	13	9	5	3	3	5	9	13	17	18	17	15		15	15
16	14	11	8	6	7	10	14	18	22	24	24	21	17	11	6	3	1	3	6	10	15	19	20	20		16	16
17	17	13	9	7	6	7	10	15	20	23	25	24	20	15	9	4	1	1	3	8	13	18	21	21		17	17
18	20	16	12	8	5	5	7	11	16	21	24	25	22	18	12	7	2	1	2	5	10	15	20	22		18	18
19	22	19	15	10	6	5	5	8	13	18	22	24	24	21	15	10	5	1	1	3	7	13	18	21		19	19
20	23	21	18	13	9	6	5	6	10	15	19	22	23	22	18	13	8	3	1	2	5	10	15	20		20	20
21	22	22	20	16	12	8	5	5	8	11	16	20	22	22	20	15	11	6	3	2	4	8	13	17		21	21
22	21	22	22	19	15	11	7	6	6	9	12	16	19	20	20	17	13	9	6	4	4	6	10	15		22	22
23	18	21	22	20	18	14	10	8	7	8	10	13	16	18	19	18	15	12	9	6	5	6	9	12		23	23
24	16	19	21	21	20	17	14	11	9	8	9	10	13	15	16	17	16	14	11	9	7	7	8	10		24	24
25	13	16	19	20	20	19	17	14	11	10	9	9	10	12	13	15	15	15	13	12	10	9	8	9		25	25
26	11	13	16	18	19	20	19	17	15	12	10	9	8	9	10	12	13	14	14	14	13	11	10	9		26	26
27	10	11	13	15	18	19	20	20	18	16	13	10	8	7	7	8	10	13	14	15	15	14	13	11		27	27
28	10	9	10	12	15	17	20	21	21	19	16	12	9	6	5	6	7	10	13	16	17	17	15	13		28	28
29	11	9	8	9	11	15	18	21	22	22	19	16	11	7	5	4	5	7	11	15	17	19	18	16		29	29
30	13	10	8	7	8	11	15	19	22	23	22	19	14	9	5	3	2	4	8	13	17	19	20	19		30	30
31	16	12	8	6	6	8	12	17	21	24	24	22	18	12	7	3	1	2	5	10	15	19	21	21		31	31

AGUSTUS 1996

T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	19	14	10	6	5	6	9	13	18	22	24	24	21	16	10	5	1	1	3	7	13	18	21	23		1	
2	21	17	13	8	5	4	6	10	15	20	23	25	23	19	13	7	3	1	1	5	10	16	20	23		2	
3	23	20	16	11	6	4	4	7	12	17	21	24	24	21	16	10	5	2	1	3	7	13	18	22		3	
4	23	22	19	14	9	5	4	5	9	13	18	22	23	22	18	13	8	4	2	2	5	10	16	20		4	
5	23	23	21	17	12	8	5	5	7	10	15	19	21	21	19	16	11	7	4	3	5	8	13	18		5	
6	21	23	22	19	15	11	7	6	6	8	11	15	18	20	19	17	13	9	6	5	5	7	11	15		6	
7	19	21	22	21	18	14	11	8	7	7	9	12	15	17	18	17	15	12	9	7	6	7	9	12		7	
8	16	19	21	21	19	17	14	11	9	8	8	10	12	14	15	16	15	14	12	10	8	8	9	11		8	
9	13	16	18	20	20	19	17	14	12	10	9	9	9	11	12	14	14	14	14	12	11	10	9	10		9	
10	11	13	15	17	19	19	19	17	15	13	11	9	8	8	9	11	12	14	15	15	14	13	11	10		10	
11	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	13	11	8	7	7	8	10	12	14	16	16	15	14	12		11	
12	10	9	9	11	13	16	19	21	21	20	17	13	10	7	5	5	7	10	13	16	18	18	17	14		12	
13	12	9	8	8	10	13	17	20	22	22	20	17	12	8	5	3	4	7	11	15	18	20	19	17		13	
14	14	10	7	6	7	10	14	18	22	23	23	20	15	10	6	3	2	4	8	13	17	20	21	20		14	
15	17	12	8	5	5	7	10	15	20	23	24	22	19	13	8	3	1	2	5	10	15	20	22	22		15	
16	20	15	10	6	4	4	7	12	17	22	24	24	21	16	10	5	2	1	3	7	13	18	22	24		16	
17	22	18	13	8	4	3	5	8	14	19	23	24	23	19	14	8	3	1	2	5	10	16	21	24		17	
18	24	21	16	11	6	3	3	6	10	15	20	23	23	21	16	11	6	2	1	3	8	13	19	23		18	
19	24	23	19	14	9	5	3	4	7	12	17	21	22	22	18	14	9	4	2	3	6	11	16	21		19	
20	23	24	21	17	12	8	5	4	6	9	14	18	20	21	19	16	11	7	4	4	5	9	13	18		20	
21	21	23	22	20	15	11	8	6	6	7	11	14	17	19	19	17	14	10	7	5	6	8	11	15		21	
22	19	21	22	21	18	14	11	8	7	7	9	11	14	16	17	17	15	12	10	8	7	8	10	13		22	
23	16	18	20	20	19	17	14	11	9	8	8	9	11	13	14	15	15	14	12	11	9	9	9	11		23	
24	13	15	17	19	19	18	17	15	13	11	9	9	10	11	13	14	14	14	13	12	11	10	10		24		
25	11	12	14	16	18	19	19	18	16	14	11	9	8	8	8	10	12	14	15	15	15	14	12	11		25	
26	10	10	11	13	15	17	19	20	19	17	14	11	8	7	6	7	9	12	14	16	17	17	15	13		26	
27	11	9	8	9	12	15	18	20	21	20	18	14	10	7	5	5	6	9	13	16	19	19	18	16		27	
28	12	9	7	7	8	11	15	19	22	22	21	17	13	8	5	3	4	6	11	15	19	21	21	19		28	
29	15	11	7	5	5	8	12	17	21	23	23	20	16	11	6	3	2	4	8	13	18	21	23	21		29	
30	18	13	8	5	4	5	9	14	19	22	24	23	19	14	8	4	1	2	5	10	16	21	24	24		30	
31	21	16	11	6	3	3	6	10	16	21	24	24	21	17	11	6	2	1	3	8	13	19	23	25		31	

39. BENOA (BALI)

08° 7' S — 115° 2' E

SEPTEMBER 1996

Waktu: G.M.T. + 08.00

T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1		23	19	14	8	4	2	3	7	12	18	22	24*	23	19	14	8	4	1*	2	5	11	17	22	24*	1	
2		25*	22	17	11	6	3	2*	5	9	14	19	22	23	21	16	11	6	3	2*	4	8	14	19	23	2	
3		25*	23	20	15	9	5	3*	4	7	11	16	20	22	21	18	14	9	5	3*	4	7	11	16	21	3	
4		23	24*	22	17	13	8	5	4*	5	8	13	16	19	20	19	16	12	8	5	5	6	9	14	18	4	
5		21	23*	22	19	16	11	8	6*	6	7	10	13	16	18	18	16	14	11	8	7	7	8	11	15	5	
6		18	20	21*	20	18	15	11	9	7*	7	8	11	13	15	16	16	15	13	11	9	8	9	10	13	6	
7		15	17	19	19*	19	17	15	12	10	9	8*	9	10	12	13	14	15	14	13	12	11	10	10	11	7	
8		12	14	16	18	18*	18	17	15	13	11	10	9	8*	9	10	12	13	15	15	15	14	13	11	11	8	
9		11	11	13	15	16	18	18*	18	17	14	12	10	8	7*	8	9	11	14	15	17	17	15	14	12	9	
10		10	9	10	11	13	16	18	19*	19	18	15	12	9	6	6*	6	9	12	15	17	19*	18	17	14	10	
11		11	8	7	8	10	13	17	19	21*	20	18	15	11	7	5	4*	6	9	13	17	20	21*	20	17	11	
12		13	9	6	5	7	10	14	18	21	22*	21	18	13	9	5	3*	3	6	11	16	20	22*	22	20	12	
13		16	11	7	4	4	6	11	16	20	23	23	21	16	11	6	3	2*	4	8	13	19	23	24*	23	13	
14		14	14	8	4	3	4	7	12	16	22	24	23	15	14	9	4	2*	2	6	11	17	22	24	25*	14	
15		22	17	11	6	2*	2	4	9	14	19	23	24	11	17	11	6	3	2*	4	8	14	20	24	25*	15	
16		24	20	14	8	4	2*	2	6	11	16	21	23	22	19	14	9	4	2*	3	6	11	17	22	25*	16	
17		25*	22	17	12	6	3	2*	4	8	13	18	21	22	20	17	12	7	4	3	5	9	14	19	23	17	
18		25*	23	20	15	9	5	3*	3	6	10	15	18	21	20	18	14	10	6	4	5	7	12	16	21	18	
19		23*	23	21	18	13	8	5	4*	5	8	12	15	18	19	18	16	12	9	7	6	7	10	14	18	19	
20		21	22*	22	19	16	12	8	6*	6	7	9	12	15	17	17	16	14	12	9	8	8	9	12	15	20	
21		17	20	20*	20	18	15	12	9	8	7*	8	10	12	14	15	16	15	14	12	11	10	10	11	12	21	
22		14	16	18	19*	18	17	15	13	11	9	8*	9	10	11	13	14	15	15	14	14	12	11	11	11	22	
23		12	13	15	16	17	18*	17	16	14	12	10	9	8*	8	10	11	13	15	16	16	15	14	12	11	23	
24		10	10	11	13	15	17	18*	18	17	15	12	10	8	7*	7	9	11	14	16	18	18*	17	15	12	24	
25		10	8	8	10	12	15	17	19	19	18	16	12	9	6	5*	6	8	12	16	19	20*	20	18	15	25	
26		11	8	6	6	8	12	16	19	21	21	19	15	11	7	4*	4	6	9	14	18	21	22*	21	18	26	
27		13	9	6	4	5	8	13	17	21	22	21	18	14	9	5	3*	4	7	11	16	21	23*	23	21	27	
28		16	11	6	3	3	5	9	14	19	22	23	21	17	11	7	3	2*	4	9	14	20	23	25*	23	28	
29		19	14	8	4	2*	2	6	11	16	21	23	22	19	14	9	4	2*	3	6	11	17	22	25*	25	29	
30		22	17	11	6	2*	1*	3	8	13	18	22	23	21	17	12	7	3	2	4	9	14	20	24	26*	30	

OKTOBER 1996

T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1		24	20	14	9	4	1*	2	5	10	15	20	22	22	19	14	9	5	3	4	7	12	17	22	25*	1	
2		25*	22	18	12	7	3	2*	3	7	12	17	20	21	20	17	12	8	5	4	6	9	14	19	23	2	
3		24*	23	20	15	10	6	3*	3	5	9	13	17	20	20	18	15	11	7	6	6	8	12	16	20	3	
4		23*	23	21	18	13	9	6	4	5	7	11	14	17	18	18	16	13	10	8	7	8	10	13	17	4	
5		20	21*	21	19	16	12	9	7	6*	7	9	11	14	16	17	16	15	13	11	9	9	10	12	14	5	
6		16	18	19*	19	17	15	12	10	8	7*	8	9	11	13	15	16	16	15	14	12	11	11	11	12	6	
7		13	15	17	17	18*	17	15	13	11	9	8*	8	9	10	12	14	15	16	16	15	14	13	11	11	7	
8		11	12	13	15	16	17	17	16	14	12	10	8	8*	8	9	11	14	16	17	18*	17	15	13	11	8	
9		10*	9	10	11	14	16	18	18	17	16	13	10	8	6*	7	8	11	14	17	19	20*	18	16	13	9	
10		10*	8	7	8	10	14	17	19	20	18	16	12	9	6	5*	6	9	12	16	20	21*	21	19	15	10	
11		11	7	5	5	7	10	14	18	20	21	19	15	11	7	5	4*	6	10	14	19	22	23*	22	18	11	
12		14	9	5	3*	4	7	11	16	20	22	21	18	14	9	5	3*	4	7	12	17	22	24*	24	22	12	
13		17	11	6	3	2*	4	8	13	18	21	22	21	17	12	7	4	3	5	9	15	20	24	26*	24	13	
14		20	14	8	4	1*	2	5	10	15	20	22	22	19	15	9	5	3	3	7	12	18	23	26*	26	14	
15		23	18	12	6	2	1*	2	7	12	17	21	22	21	17	12	7	4	3	5	9	15	20	24	26*	15	
16		24	21	15	9	4	1*	1	4	9	14	18	21	21	19	15	10	6	4	5	7	12	17	22	25*	16	
17		25*	22	18	12	7	3	2*	3	6	11	15	19	20	20	17	13	9	6	5	6	10	14	19	22	17	
18		24*	23	20	16	11	6	4	3*	5	8	12	16	19	19	18	15	12	9	7	7	9	12	16	19	18	
19		22*	22	21	18	14	10	6	5*	5	7	10	13	16	18	18	16	14	12	9	8	9	10	13	16	19	
20		19	20*	20	19	16	13	10	7	6*	6	8	10	13	15	16	17	16	14	12	11	10	10	11	13	20	
21		15	17	18*	18	17	15	13	11	9	8*	8	9	10	12	14	16	16	16	15	14	12	11	11	11	21	
22		12	14	15	16	17*	17	16	14	12	10	8	8*	8	10	12	14	16	17	17*	17	15	13	12	10	22	
23		10	10	12	13	15	17	17	16	15	13	10	8	7*	7	9	11	14	17	18	19*	18	16	14	11	23	
24		9	8	8	10	12	15	17	18	18	16	13	10	8	6*	7	8	12	15	18	20	21*	19	17	13	24	
25		9	7	6	7	9	12	16	18	19	19	16	13	9	6	5*	6	9	13	17	21	23*	22	20	16	25	
26		11	7	5	4*	6	9	13	17	20	20	19	15	11	7	6	4*	6	10	15	20	23	24*	23	19	26	
27		14	9	5	2*	3	6	10	15	19	21	21	18	14	9	6	4	4	8	12	18	22	25*	25	22	27	
28		17	12	6	2	1*	3	7	12	17	20	22	20	17	12	8	4	4	5	10	15	20	24	26*	25	28	
29		21	15	9	4	1*	1	4	9	14	19	21	21	19	15	10	6	4	4	7	12	18	23	25	26*	29	
30		23	18	12	6	2	1*	2	6	11	16	20	21	20	17	13	8	5	4	6	9	15	20	24	26*	30	
31		24*	21	15	10	5	2	1*	4	8	13	17	20	21	19	15	11	8	5	5	8	12	17	21	24*	31	

39. BENOA (BALI)

08° 7' S — 115° 2' T

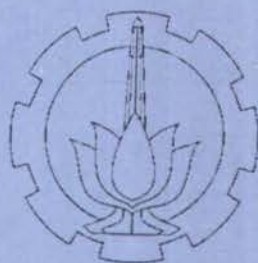
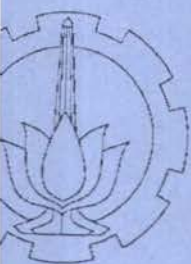
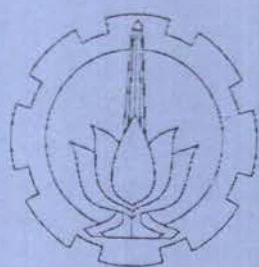
NOPEMBER 1996

Waktu: G.M.T. + 08.00

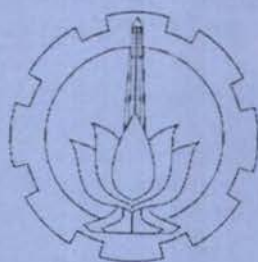
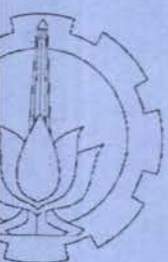
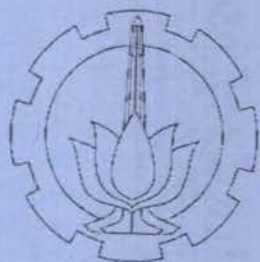
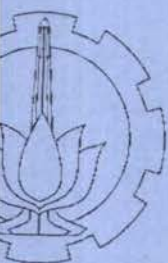
T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	24	22	18	13	8	4	2*	3	6	10	14	18	20	19	17	14	10	7	6	7	10	14	18	21	1		
2	23	23	20	16	11	7	4	3*	5	7	11	15	18	19	18	16	13	10	8	8*	9	11	15	18	2		
3	20	21	20	18	14	10	7	5*	5	6	9	12	15	17	18	17	15	13	11	9	9	10	12	15	3		
4	17	19*	19	18	16	13	10	8	6*	6	7	10	12	15	16	17	17	16	14	12	11	10	11	12	4		
5	14	16	17	18	17	16	14	11	9	8	7*	8	10	12	14	16	17	17	17	15	13	12	11	10	5		
6	11	12	14	15	16	17	16	14	12	10	8	8*	8	9	11	14	16	18	19*	18	16	14	12	10	6		
7	9	9	10	12	14	16	17	17	15	13	10	8	7*	7	9	11	15	17	20*	20	19	17	14	11	7		
8	8	7	7	9	11	14	17	18	18	16	13	10	8	6*	7	9	12	16	19	21	22*	20	17	13	8		
9	9	6	5*	6	8	11	15	18	19	18	16	13	9	7	5*	6	9	13	18	21	23*	23	21	16	9		
10	11	7	4	3*	5	6	12	16	19	20	19	16	12	8	5*	5	7	11	15	20	24	25*	23	20	10		
11	15	9	5	2*	2	5	9	14	18	20	20	18	14	10	6	5	5	8	13	18	22	25*	25	23	11		
12	18	12	7	3*	1*	2	6	11	16	19	21	20	17	13	8	5	4	6	10	15	20	24	26*	25	12		
13	21	15	9	4	1*	1	3	7	13	17	20	21	19	16	11	7	5	5	7	12	17	22	25	26*	13		
14	23	19	13	7	3	1*	2	5	9	15	19	21	20	18	14	10	6	5	6	9	14	19	23	25*	14		
15	24*	21	16	10	5	2	1*	3	7	11	16	19	20	19	16	12	9	6	6	8	11	16	20	23	15		
16	24*	22	19	14	9	5	2*	3	5	9	13	17	19	20	18	15	12	9	7	9	13	17	20	16			
17	22*	22	20	16	12	8	5	3*	4	7	10	14	17	19	19	17	14	12	9	8	9	11	14	17	17		
18	19	20*	20	18	15	11	8	6	5*	6	8	11	14	17	18	18	17	15	12	10	9	10	11	13	18		
19	16	18	19*	18	17	14	11	8	7	6*	7	9	12	14	17	18	18	17	15	13	11	10	10	11	19		
20	12	14	16	17	17	16	14	12	9	8	7*	8	9	12	14	17	18	19*	18	16	14	12	10	10	20		
21	10	11	13	14	16	15	14	12	10	8	7*	8	9	12	14	17	18	19*	18	16	14	12	10	10	21		
22	8	8*	9	11	13	15	16	16	15	13	11	8	7*	7	9	12	15	18	20	21*	20	18	15	11	22		
23	8	6*	6	8	10	13	16	17	17	16	13	10	8	7	7	9	12	16	20	22	23*	21	18	14	23		
24	9	6	4*	5	7	10	14	17	18	18	16	13	10	7	6	7	10	14	18	22	24*	24	21	17	24		
25	12	7	4	3*	4	7	11	15	18	19	19	16	12	9	6	5	7	11	15	20	24	25*	24	20	25		
26	15	10	5	2*	2	4	8	13	17	20	20	18	15	11	7	5	5	8	12	17	22	25*	25	23	26		
27	19	13	7	3	1	2	5	9	14	18	20	20	18	14	9	6	5	6	10	14	20	24	26*	25	27		
28	22	16	10	5	2	1*	2	6	11	16	20	21	20	16	12	8	6	5	7	11	16	21	24	25*	28		
29	23	19	14	8	3	1*	1	4	8	13	18	20	20	18	15	11	7	6	6	9	13	18	22	24*	29		
30	24*	21	17	11	6	3	1*	3	6	10	15	19	20	20	17	14	10	7	6	8	11	15	19	22	30		

DESEMBER 1996

T	J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	23	22	19	15	10	5	3	2*	4	8	12	16	19	20	19	16	13	10	8	7	9	12	15	19		1	
2	21	22	20	17	13	9	5	4*	4	6	10	13	17	19	19	18	16	13	10	9	8	10	12	15		2	
3	18	20	20	18	15	12	8	6	5*	6	8	11	14	17	19	19	18	16	13	11	10	9	10	12		3	
4	15	17	18	18	17	14	11	9	7	6*	7	9	11	14	17	19	19	18	16	14	12	10	10	10		4	
5	11	13	15	16	16	16	14	12	10	8	7*	8	9	12	15	17	19	19	19	17	15	12	10	9		5	
6	9	10	12	13	15	16	16	14	13	10	9	8*	8	9	12	15	18	20	20	20	18	15	12	9		6	
7	8	7*	8	10	12	15	16	16	15	13	11	9	8	8	9	12	15	18	21	22	21	18	15	11		7	
8	8	6*	6	7	9	12	15	17	17	16	14	11	8	7	7	9	12	16	20	22	23	22	18	14		8	
9	10	6	4*	4	6	9	13	16	18	18	16	14	10	8	6	7	10	13	18	22	24	24	22	18		9	
10	13	8	4	3*	3	6	10	14	17	19	19	16	13	9	7	6	7	10	15	20	23	25	24	21		10	
11	16	10	6	2*	2	3	7	11	16	19	20	19	16	12	8	6	6	8	12	17	21	24	25	23		11	
12	19	14	8	3	1*	1	4	8	13	18	20	20	18	15	11	7	5	6	9	13	18	23	25	25		12	
13	22	17	11	6	2	1*	2	5	10	15	19	21	20	17	13	9	6	5	7	10	15	20	24	25*		13	
14	24	20	15	9	4	1*	1	3	7	12	17	20	21	19	16	12	8	6	6	8	12	17	21	23		14	
15	24	22	18	12	7	3	2*	2	5	10	14	18	21	21	18	15	11	8	7	7	9	13	17	21		15	
16	23	22	20	15	10	6	3	2*	4	7	12	16	19	20	20	18	14	11	8	7	8	11	14	18		16	
17	20	21	20	17	13	9	6	4*	4	6	9	13	17	19	20	19	17	14	11	9	8	9	11	14		17	
18	17	19	19	18	16	12	9	6	5*	5	7	11	14	17	19	20	19	17	14	11	9	9	9	11		18	
19	13	16	17	17	16	14	12	9	7	6*	7	9	11	15	17	19	20	19	17	15	12	10	9	9		19	
20	10	12	14	15	16	16	14	12	10	8	7*	8	9	12	15	17	19	20	19	18	15	12	10	9		20	
21	8*	9	11	13	14	15	15	14	13	11	9	8*	8	10	12	15	18	20	21	20	18	16	12	10		21	
22	8	7*	8	9	12	14	15	16	15	14	11	9	8	8	9	12	15	18	21	22	21	19	16	12		22	
23	8	6	5*	6	8	11	14	16	17	16	14	12	9	8	8	9	12	16	20	22	23	22	19	15		23	
24	10	7	4*	4	5	8	12	15	17	18	17	14	11	9	7	7	9	13	17	21	23	24	22	18		24	
25	13	8	5	3*	3	5	9	13	17	19	19	17	14	10	8	6	7	10	14	19	22	25	24	21		25	
26	17	11	6	3	1*	3	6	10	15	18	20	19	17	13	9	6	6	7	11	16	20	24	25	24		26	
27	20	15	9	4	1*	1	3	7	12	17	20	21	19	16	12	8	6	6	8	12	17	22	24	25*		27	
28	23	18	12	7	3	1*	1	5	10	15	19	21	21	18	15	10	7	5	6	9	14	19	23	24*		28	
29	24	21	16	10	5	2	1*	3	7	12	17	20	22	20	17	13	9	6	6	7	11	15	20	23		29	
30	24	22	18	13	8	4	2*	2	5	9	14	18	21	21	20	16	12	9	6	6	8	12	16	20		30	
31	22	22	20	16	11	7	4	2*	4	7	11	16	19	21	21	19	15	11	8	7	7	9	13	16		31	



LAMPIRAN B



anker

Dead weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.5	4.2	866	2,199	0.6	1.4	2.2
2,000	2,667	76	11.2	5.7	5.1	1,591	4,258	1.1	2.5	4.3
3,000	4,000	87	12.8	6.5	5.7	2,274	6,274	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	14.0	7.2	6.2	2,969	8,302	2.1	4.7	8.5
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5	3,501	10,163	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9	4,214	12,214	3.1	7.0	12.5
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2	4,838	14,169	3.6	8.1	14.5
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4	5,552	16,219	4.1	9.2	16.6
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3	8,314	24,314	6.2	14.0	24.8
15,000	20,000	163	20.0	11.2	8.8	10,156	30,156	7.7	17.3	30.8
17,000	22,667	170	21.0	11.7	9.1	11,327	33,994	8.7	19.6	34.7
20,000	26,667	184	23.7	12.3*	9.5	11,909	38,576	9.8	22.1	39.4
25,000	33,333	176	25.5	13.3	10.1	14,446	47,779	12.2	27.5	48.8
30,000	40,000	187	27.1	14.1	10.6	16,906	56,906	14.5	32.6	58.1
35,000	46,667	197	28.5	14.8	11.1	19,530	66,197	16.9	38.0	67.6
40,000	53,333	206	29.7	15.5	11.5	21,920	75,253	19.2	43.2	76.8
45,000	60,000	223	30.5	15.2	11.2	22,507	82,507	21.1	47.5	84.2
50,000	66,667	222	32.0	16.7	12.2	26,586	93,253	23.8	53.6	95.2
60,000	80,000	236	34.0	17.8	12.8	31,111	111,111	28.3	63.7	113.4
65,000	86,667	250	34.0	18.0	13.3	35,581	122,248	31.2	70.2	124.7
70,000	93,333	248	35.7	18.7	13.4	35,830	129,163	33.0	74.3	131.8
80,000	106,640	260	37.3	19.6	13.9	40,419	147,059	37.5	84.4	150.1
85,000	113,333	260	38.1	18.7	14.0	41,002	154,335	39.4	88.7	157.5
100,000	133,333	280	40.1	21.1	14.8	49,347	182,680	46.6	104.9	186.4
120,000	160,000	297	42.6	22.4	15.5	57,412	217,412	55.5	124.9	221.9
150,000	200,000	320	45.8	24.1	16.5	70,097	270,097	68.9	155.0	275.6
180,000	272,000	326	49.8	23.2	17.7	82,178	354,178	90.4	203.4	361.4
200,000	333,333	338	51.8	26.7	20.6	115,410	448,743	114.5	257.6	457.9

tainer

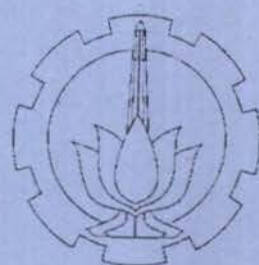
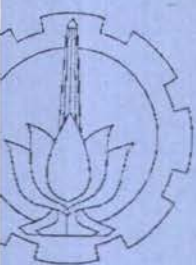
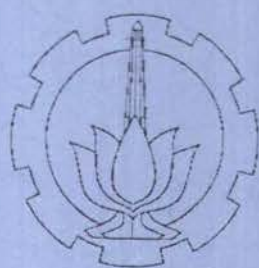
Gross tonnage	Dead weight tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
5,240	19,636	187.0	26.0	15.0	10.5	16,596	46,050	11.7	26.4	47.0
6,184	16,977	208.8	23.8	14.3	9.2	14,227	39,639	10.1	22.8	40.4
10,057	20,400	196.0	27.6	16.6	10.5	17,395	47,995	12.2	27.5	49.0
16,600	23,650	212.5	30.0	16.3	10.5	18,860	54,335	13.9	31.2	55.4
20,000	26,100	242.0	32.2	19.6	10.5	21,478	60,628	15.5	34.8	61.9
28,500	28,900	245.0	32.2	24.0	11.0	23,864	67,214	17.1	38.6	68.6

carrier

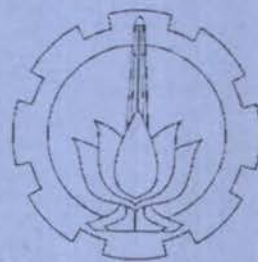
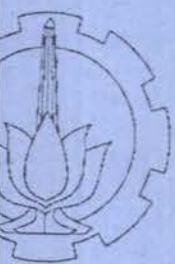
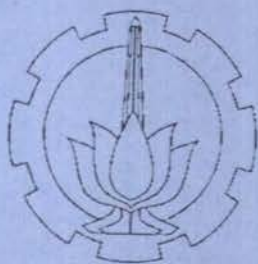
Deadweight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.8	4.3	906	2,239	0.8	1.8	2.3
2,000	2,667	77	11.1	6.0	5.1	1,611	4,278	1.1	2.5	4.4
3,000	4,000	88	12.7	6.8	5.7	2,300	6,300	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	13.9	7.5	6.1	2,874	8,207	2.1	4.7	8.4
5,000	6,667	104	14.9	8.1	6.5	3,535	10,202	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	118	16.6	8.3	6.9	4,520	12,520	3.2	7.2	12.8
8,000	10,667	130	17.6	9.5	7.4	5,728	16,395	4.2	9.5	16.7
10,000	13,333	140	18.5	10.5	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	19.4	11.2	8.5	8,720	24,720	6.3	14.2	25.2
15,000	20,000	149	21.3	11.5	8.6	8,867	28,867	7.4	16.7	29.5
20,000	26,667	164	23.4	12.7	9.2	11,169	37,836	9.7	21.8	38.6
25,000	33,333	176	25.1	13.6	9.8	13,600	46,933	12.0	27.0	47.9
30,000	40,000	187	26.6	14.4	10.3	15,962	55,962	14.3	32.2	57.1
40,000	53,333	206	29.2	15.9	11.0	20,055	73,388	18.7	42.1	74.9
50,000	66,667	222	31.4	17.1	11.7	24,451	91,118	23.2	52.2	93.0
60,000	80,000	235	33.3	18.1	12.3	28,606	108,606	27.7	62.3	110.8
70,000	93,333	248	35.0	19.0	12.8	32,693	126,026	32.2	72.5	128.6
80,000	106,667	255	36.6	19.9	13.2	36,310	142,977	36.5	82.1	145.9
90,000	133,333	278	39.3	21.4	14.0	43,841	177,174	45.2	101.7	180.8
100,000	200,000	300	45.0	25.0	16.0	61,795	261,795	66.8	150.3	267.2
120,000	266,667	315	50.0	28.0	18.0	82,120	348,787	89.0	200.3	356.0
140,000	333,333	330	53.5	30.0	20.5	111,587	444,920	113.5	255.4	454.0

fighter

Deadweight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing energy (ton-m)		
								Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	60	9.3	4.4	4.1	812	2,147	0.6	1.4	2.2
2,000	2,667	77	11.5	5.8	5.1	1,611	4,278	1.1	2.5	4.4
3,000	4,000	90	13.1	6.8	5.7	2,353	6,353	1.6	3.6	6.5
4,000	5,333	100	14.3	7.7	6.3	3,193	8,526	2.2	5.0	8.7
5,000	6,667	109	15.3	8.4	6.7	3,937	10,604	2.7	6.1	10.8
6,000	8,000	117	16.2	9.0	7.1	4,746	12,746	3.3	7.4	13.0
7,000	9,333	124	17.0	9.6	7.5	5,612	14,945	3.8	8.6	15.3
8,000	10,667	130	17.7	10.1	7.8	6,364	17,031	4.3	9.7	17.4
9,000	12,000	136	18.4	10.6	8.1	7,179	19,179	4.9	11.0	19.6
10,000	13,333	142	19.0	11.1	8.3	7,871	21,204	5.4	12.2	21.6
12,000	16,000	152	20.1	11.9	8.8	9,471	25,471	6.5	14.6	26.0
14,000	20,000	165	21.6	13.0	9.5	11,981	31,981	8.2	18.5	32.6
16,000	22,667	173	22.4	13.7	9.8	13,368	36,035	9.2	20.7	36.8
18,000	26,667	184	23.6	14.6	10.3	15,706	42,373	10.8	24.3	43.2

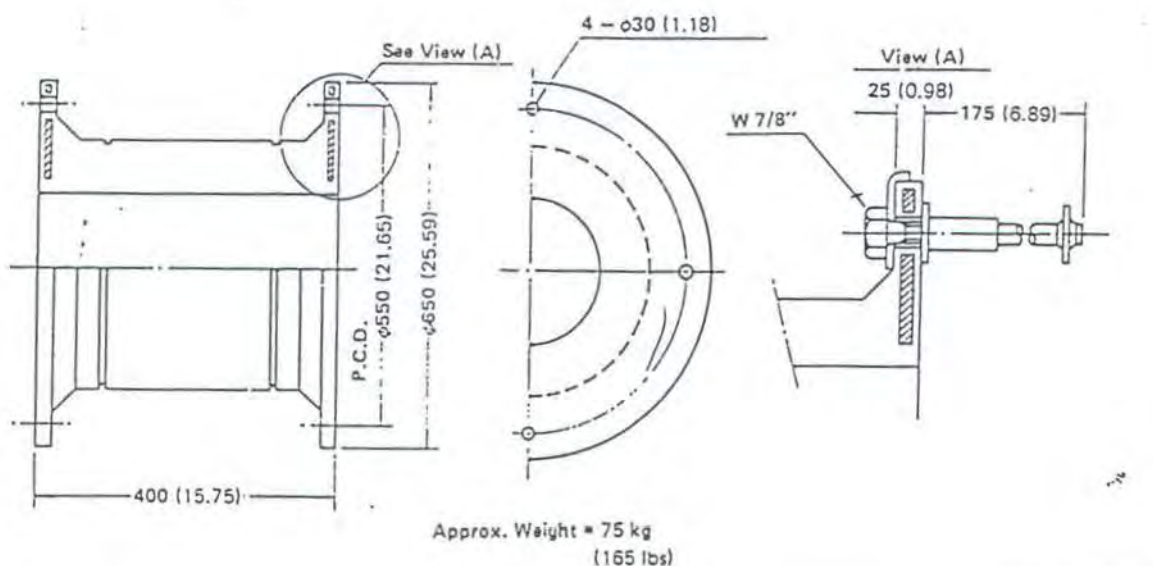


LAMPIRAN C



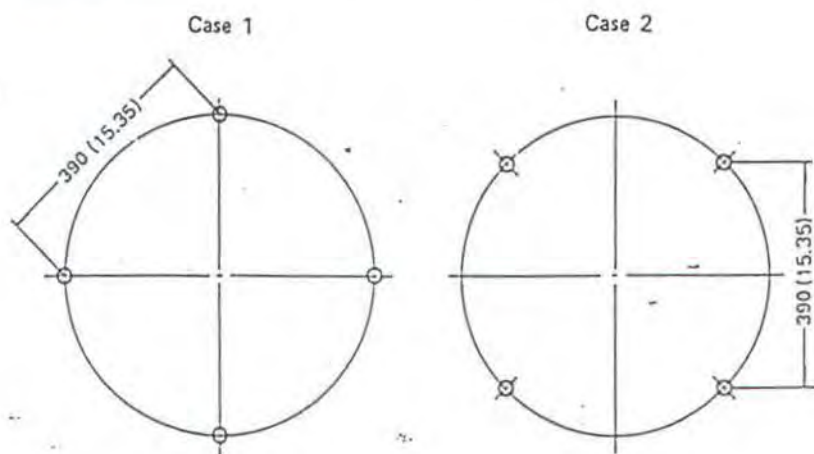
00H

Dimensions



Unit: mm (inch)

Location of bolt holes



MEASUREMENTS AND PERFORMANCE

00H

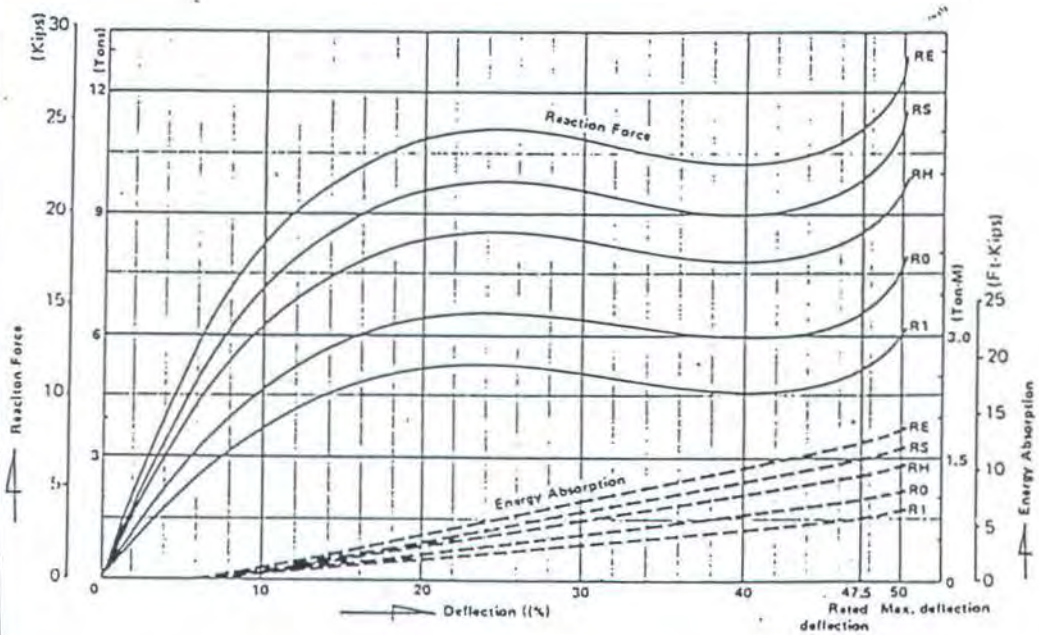
performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	11.0 24.5	12.8 28.2	1.7 12.3	1.9 13.7
RS	9.8 21.6	11.4 25.1	1.5 10.8	1.7 12.3
RH	8.5 18.7	9.9 21.8	1.3 9.4	1.4 10.1
R0	6.5 14.3	7.6 16.8	1.0 7.2	1.1 8.0
R1	5.2 11.5	6.0 13.2	0.8 5.8	0.9 6.5

Deflection: 47.5%
Max deflection: 50%

Tolerance: $\pm 10\%$

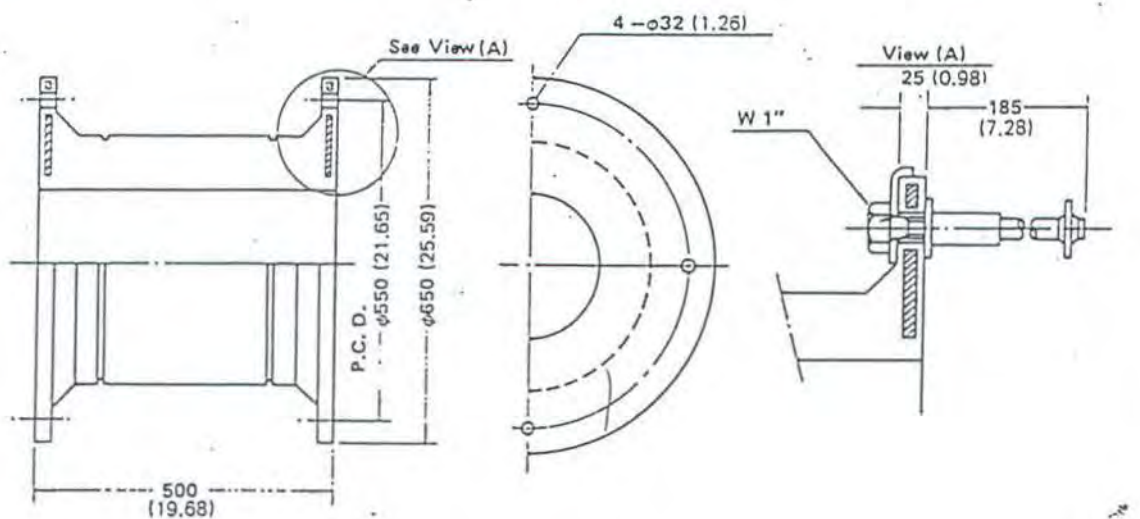
Performance Curve



DIMENSIONS AND PERFORMANCE

C500H

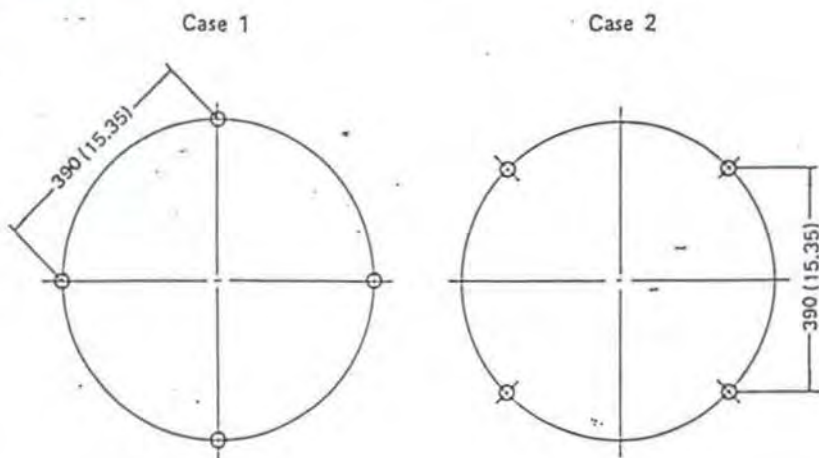
Dimensions



Approx. Weight = 95 kg
(210 lbs)

Unit: mm (inch)

Location of bolt holes



C500H

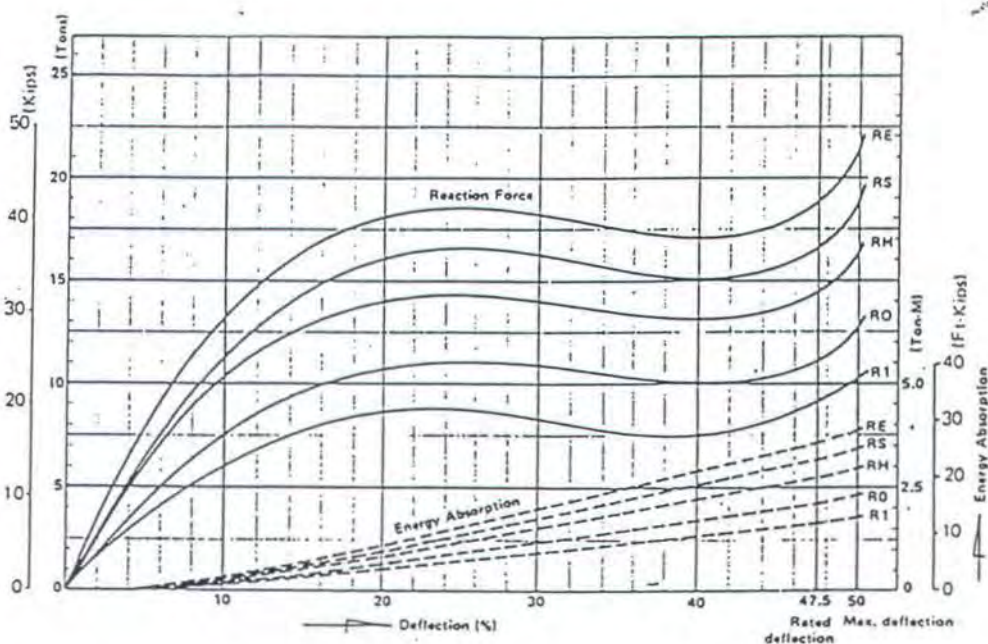
Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	18.6 41.0	21.5 47.4	3.6 25.3	3.9 28.2
RS	16.5 36.4	19.1 42.1	3.2 23.2	3.5 25.3
RH	14.3 31.5	16.3 35.9	2.7 19.5	2.9 21.0
RO	11.0 24.2	12.7 28.0	2.1 15.2	2.3 16.6
R1	8.8 19.4	10.1 22.3	1.6 11.6	1.8 13.0

Rated deflection: 47.5%
Maximum deflection: 50%

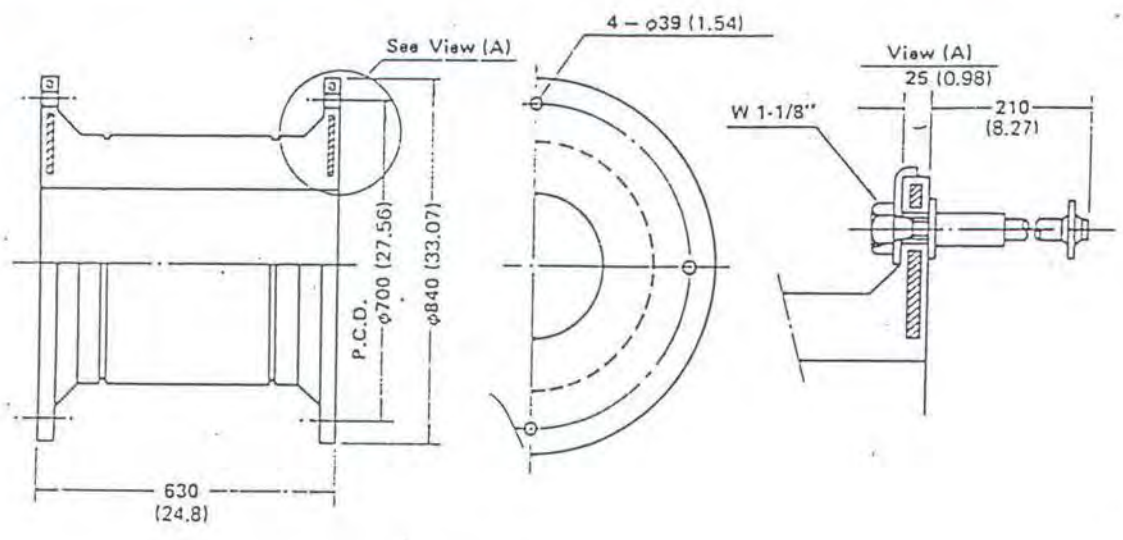
Tolerance: $\pm 10\%$

Performance Curve



C630H

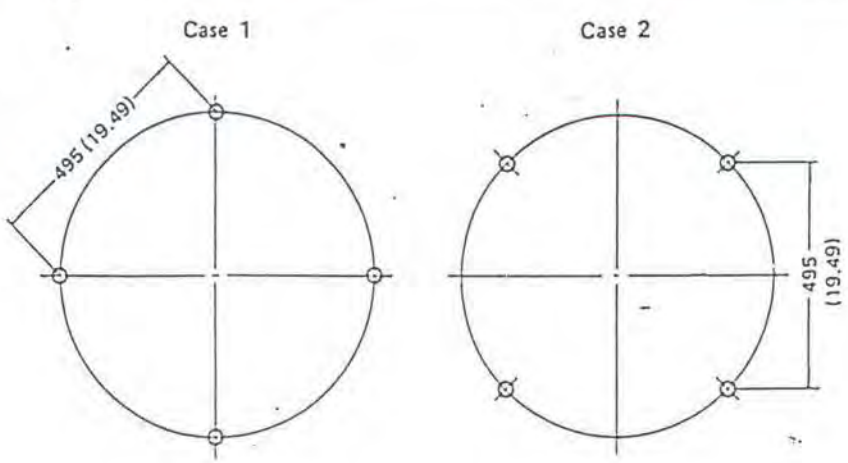
Dimensions



Approx. Weight = 220 kg
(485 lbs)

Unit: mm (inch)

Location of bolt holes



DIMENSIONS AND PERFORMANCE

630H

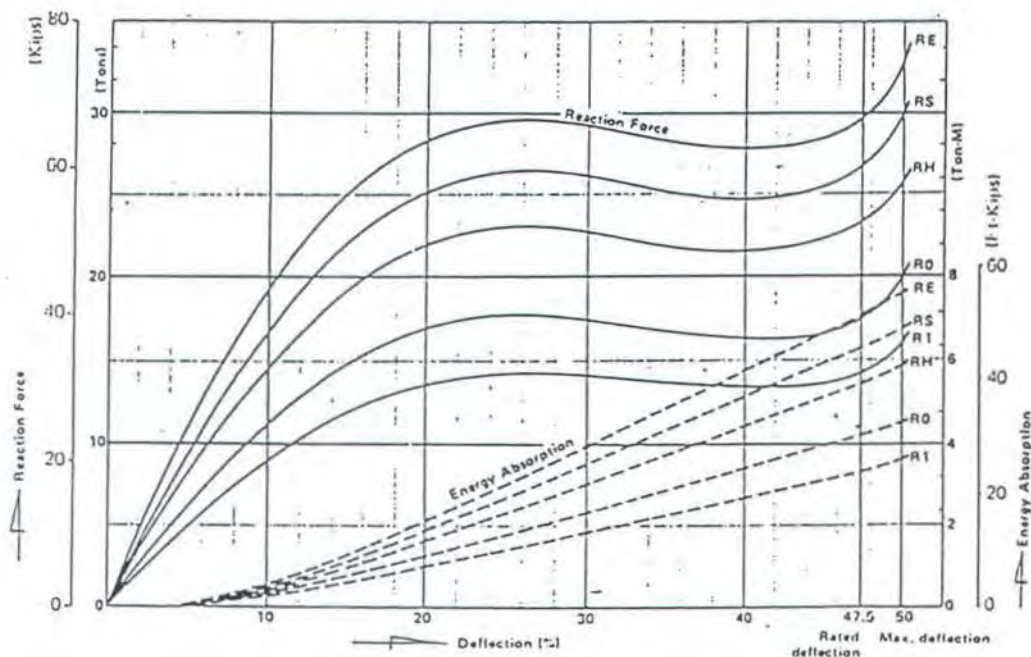
Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	29.6 65.3	33.8 74.5	7.1 51.4	7.6 55.0
RS	26.3 58.0	30.0 66.2	6.3 45.6	6.8 49.2
RH	22.8 50.3	25.6 56.4	5.4 39.0	5.9 42.7
R0	17.5 38.6	20.0 44.1	4.2 30.4	4.5 32.5
R1	14.0 30.8	16.0 35.3	3.3 23.9	3.6 26.0

Rated deflection: 47.5%
Maximum deflection: 50%

Tolerance: $\pm 10\%$

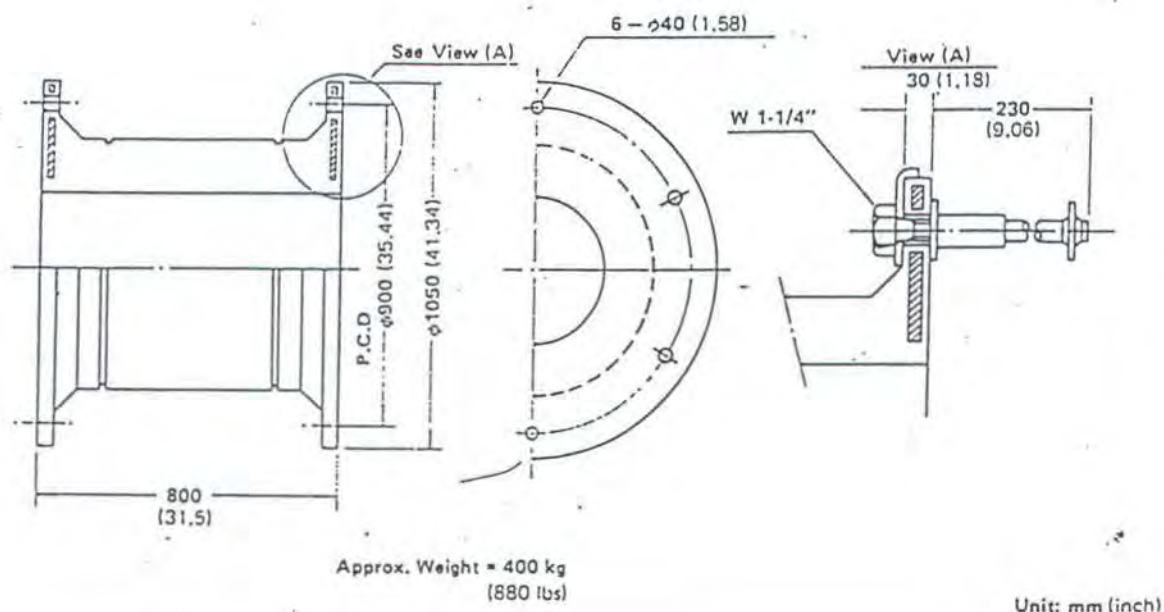
Performance Curve



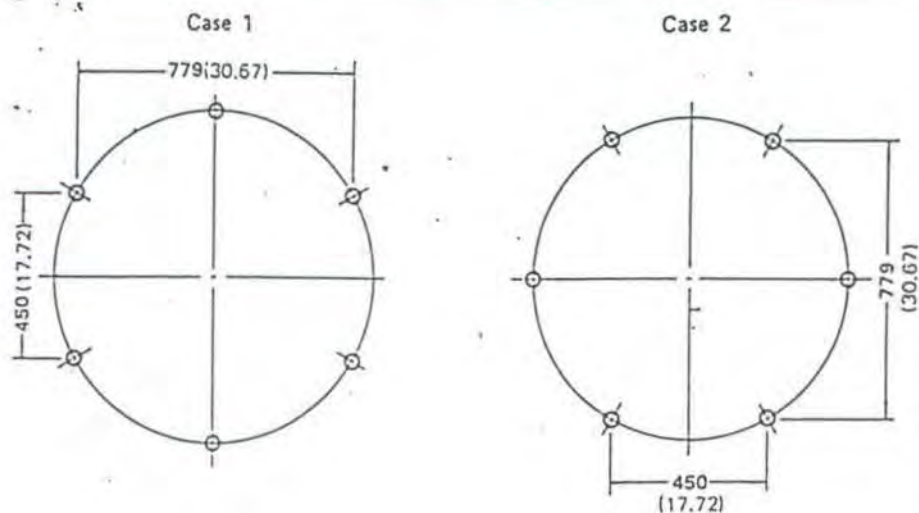
3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

C800H

1) Dimensions



Location of bolt holes



Unit: mm (inch)

DIMENSIONS AND PERFORMANCE

800H

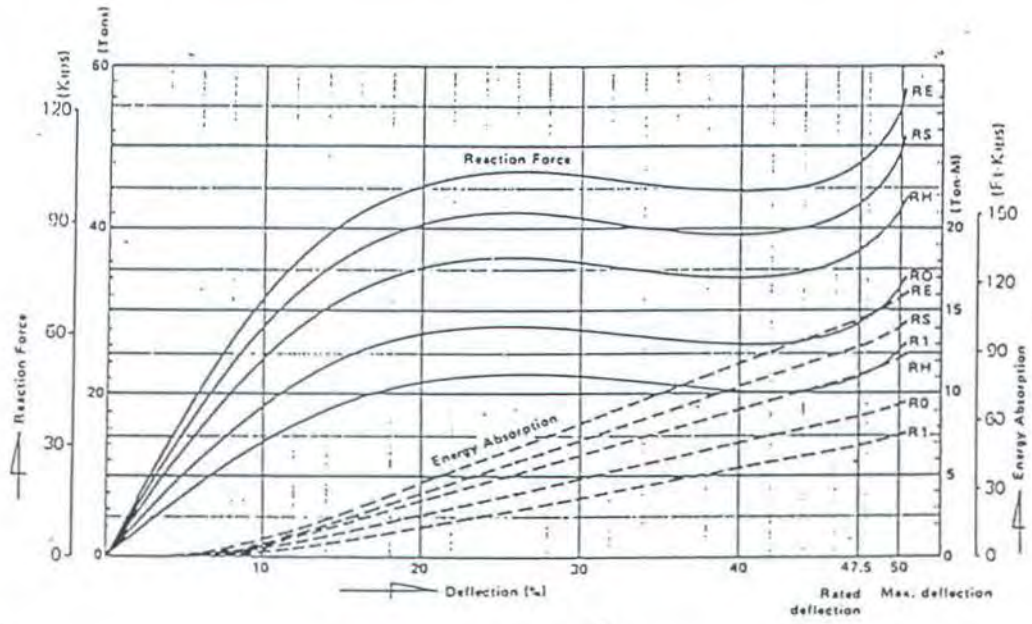
Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	47.3 104.3	56.6 124.8	14.4 104.2	15.9 115.0
RS	42.0 92.6	50.3 110.9	12.8 92.6	14.1 102.0
RH	36.2 79.8	42.3 93.3	11.0 79.5	12.2 88.2
RO	28.0 61.7	33.5 73.9	8.5 61.5	9.4 68.0
R1	21.5 47.4	25.5 56.2	6.8 49.2	7.5 54.2

ed deflection: 47.5%
imum deflection: 50%

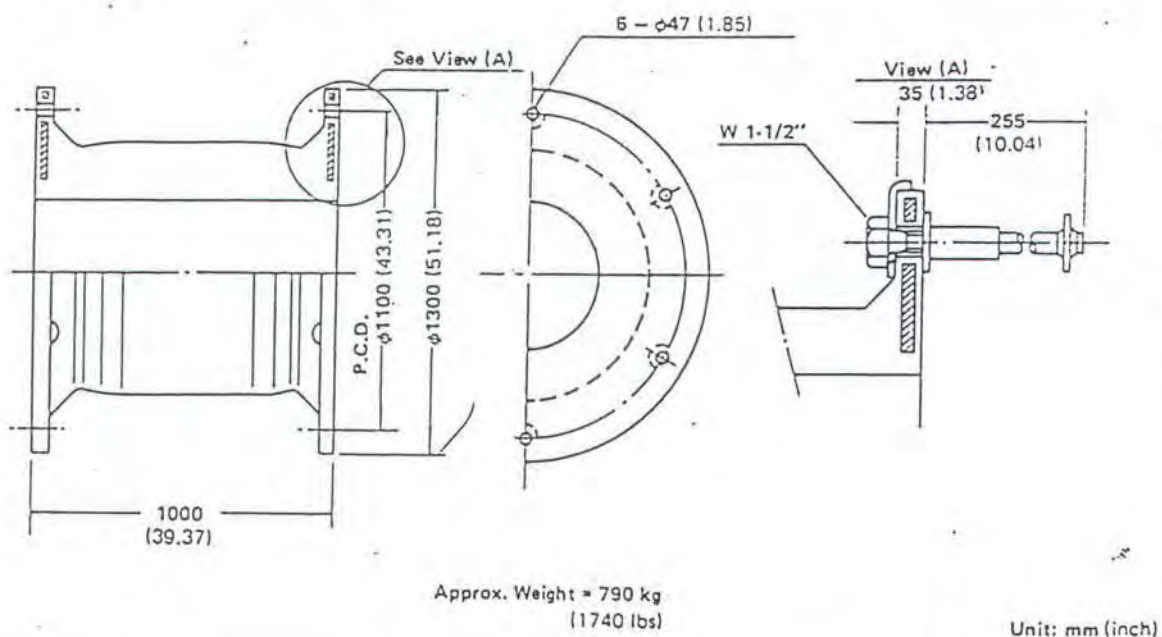
Tolerance: ± 10%

Performance Curve

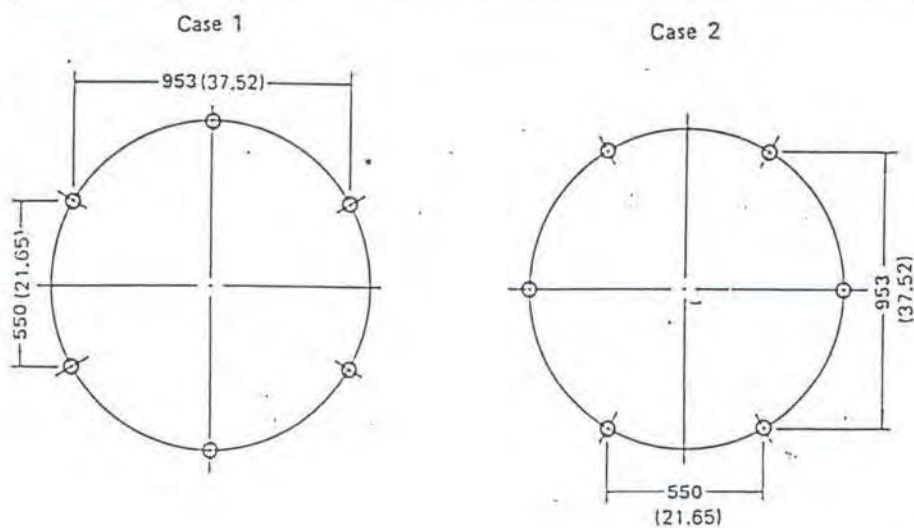


SUC1000H

Dimensions



Location of bolt holes



3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

SUC1000H

(3) Performance

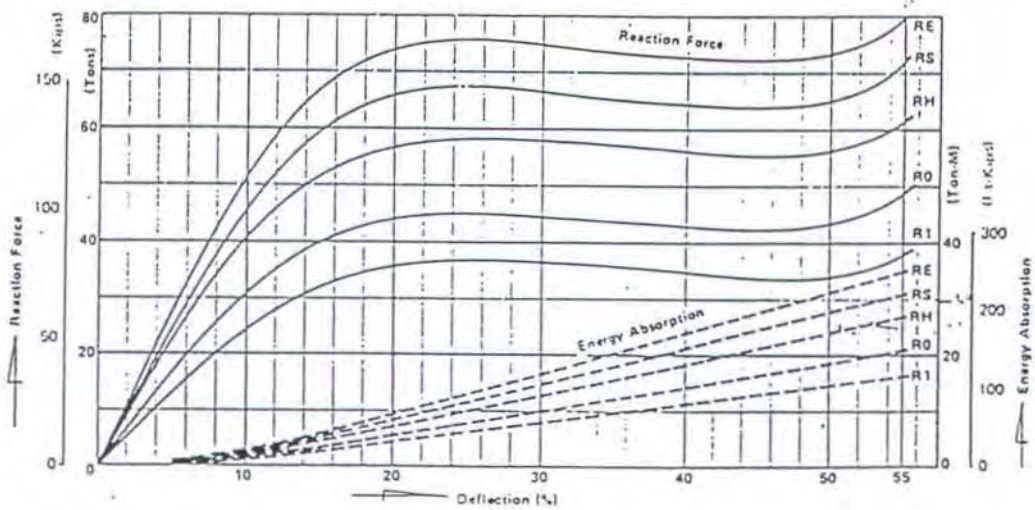
Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	75.2 165.8	80.0 176.4	33.0 238.8	35.0 253.2
RS	66.8 147.3	71.0 156.6	29.3 212.0	31.0 224.3
RH	57.9 127.7	61.5 135.6	25.4 183.8	26.9 194.6
R0	44.5 98.1	47.3 104.3	19.5 141.1	20.7 149.8
R1	35.6 78.5	37.9 83.6	15.6 112.9	16.6 120.1

ated deflection: 52.5%

aximum deflection: 55%

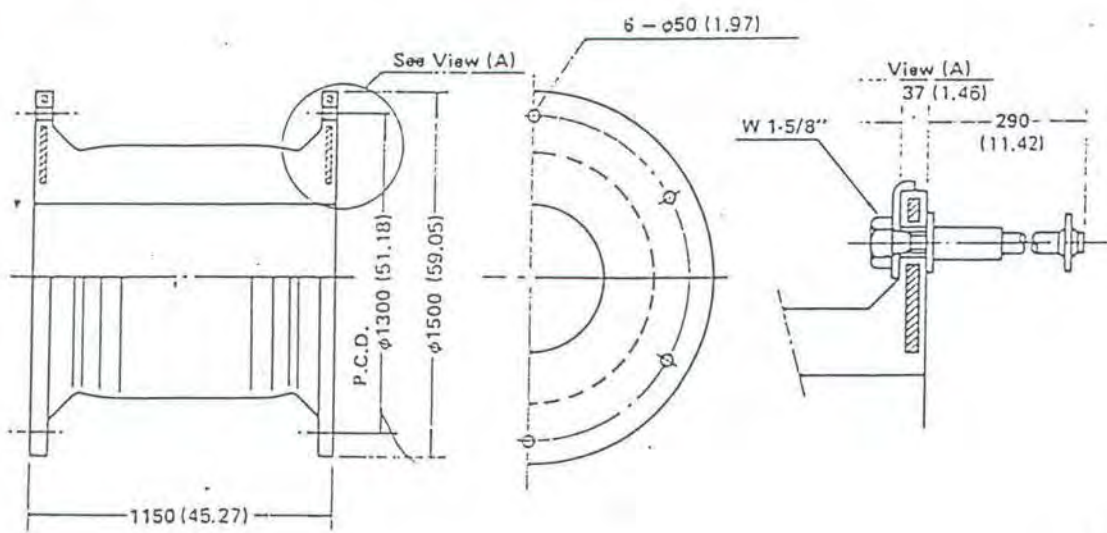
Tolerance: ± 10%

) Performance Curve



C1150H

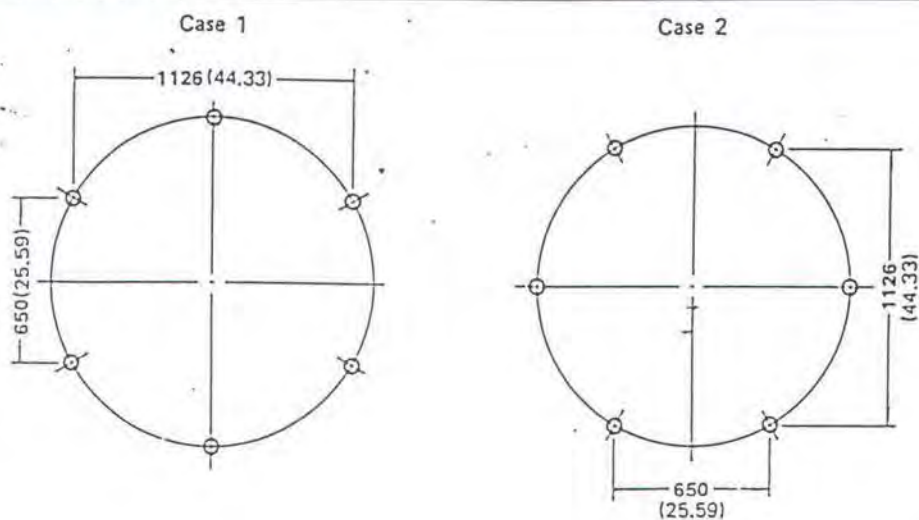
mensions



Approx. Weight = 1200 kg
(2645 lbs)

Unit: mm (inch)

Location of bolt holes



Unit: mm (inch)

DIMENSIONS AND PERFORMANCE

SUC1150H

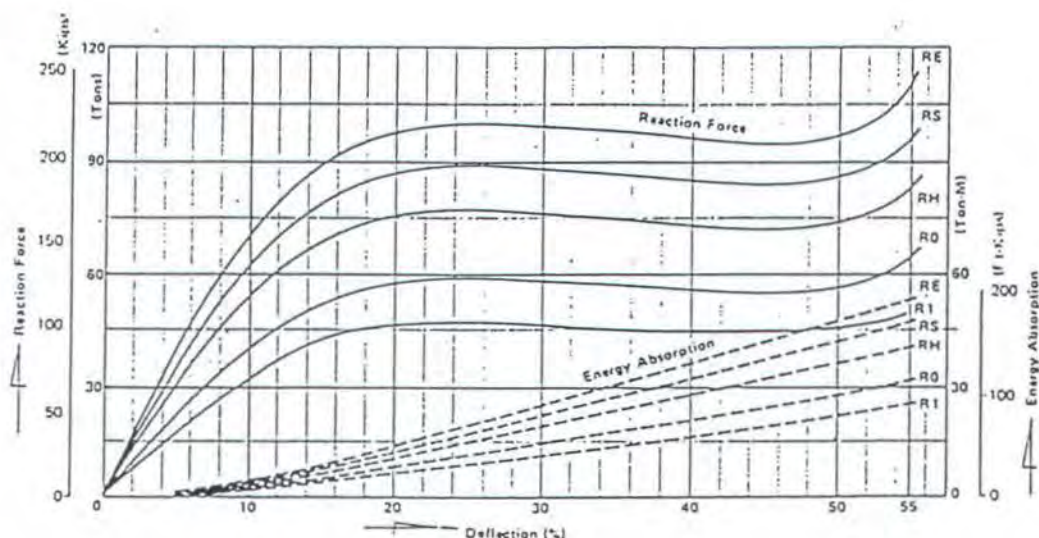
Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	99.5 219.4	105.8 233.3	50.2 363.2	53.2 384.9
RS	88.3 194.7	93.9 207.0	44.6 322.7	47.2 341.5
RH	76.5 168.7	81.4 179.5	38.7 280.0	40.9 295.9
RO	58.9 129.9	62.6 138.0	29.7 214.9	31.5 227.9
R1	47.1 103.9	50.1 110.5	23.8 172.2	25.2 182.3

Rated deflection: 52.5%
Maximum deflection: 55%

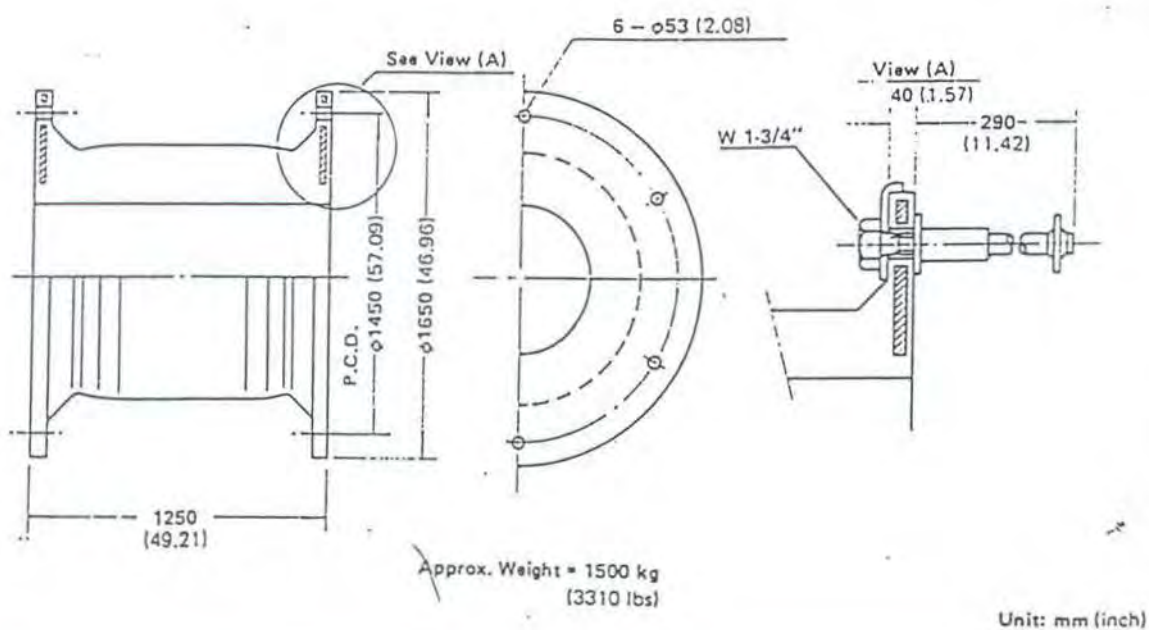
Tolerance: $\pm 10\%$

Performance Curve

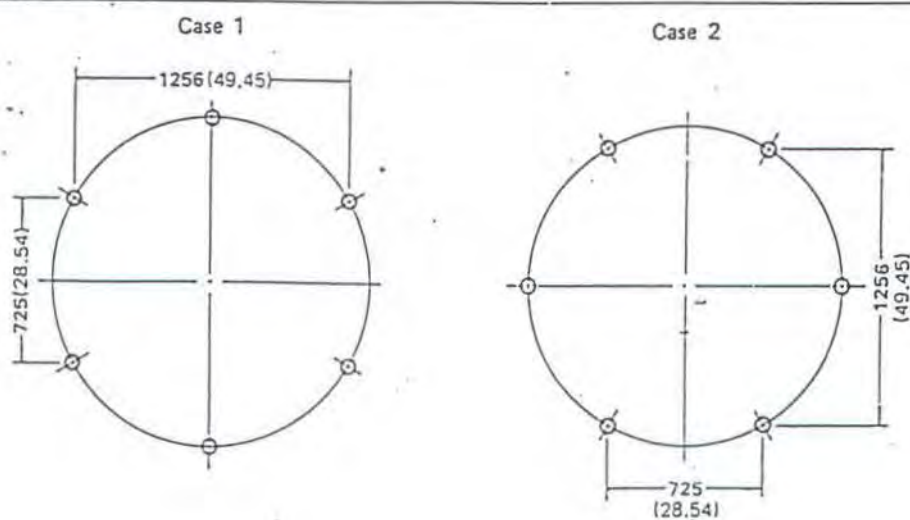


UC1250H

Dimensions



Location of bolt holes



DIMENSIONS AND PERFORMANCE

UC1250H

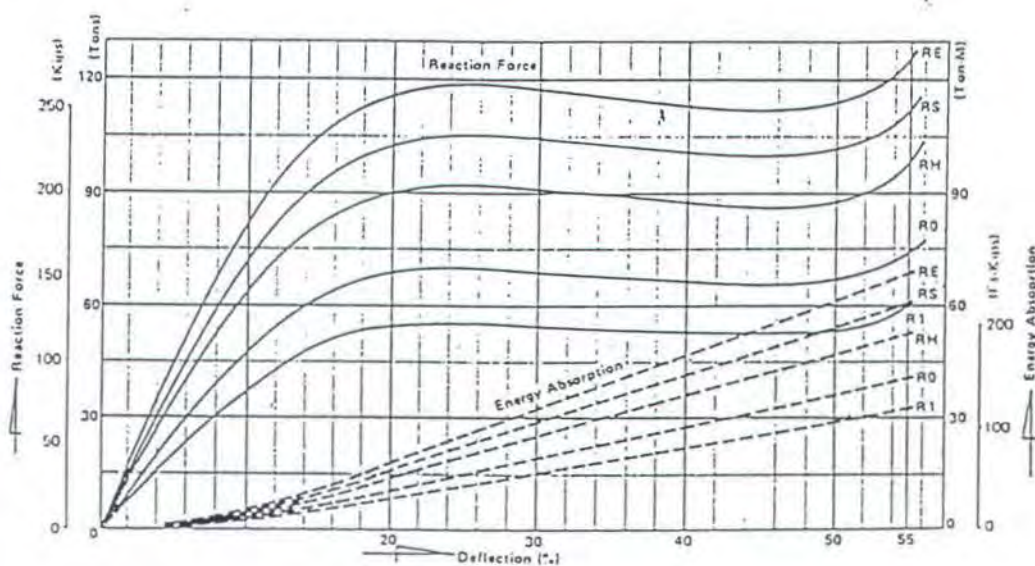
Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	117.6 259.3	125.0 275.6	64.5 466.7	68.3 494.2
RS	104.3 230.0	110.9 244.5	57.3 414.6	60.6 438.4
RH	90.4 199.3	96.1 211.9	49.6 358.9	52.6 380.6
R0	69.6 153.5	73.9 162.9	38.2 276.4	40.4 292.3
R1	55.6 122.6	59.2 130.5	30.5 220.7	32.3 233.7

deflection: 52.5%
um deflection: 55%

Tolerance: ± 10%

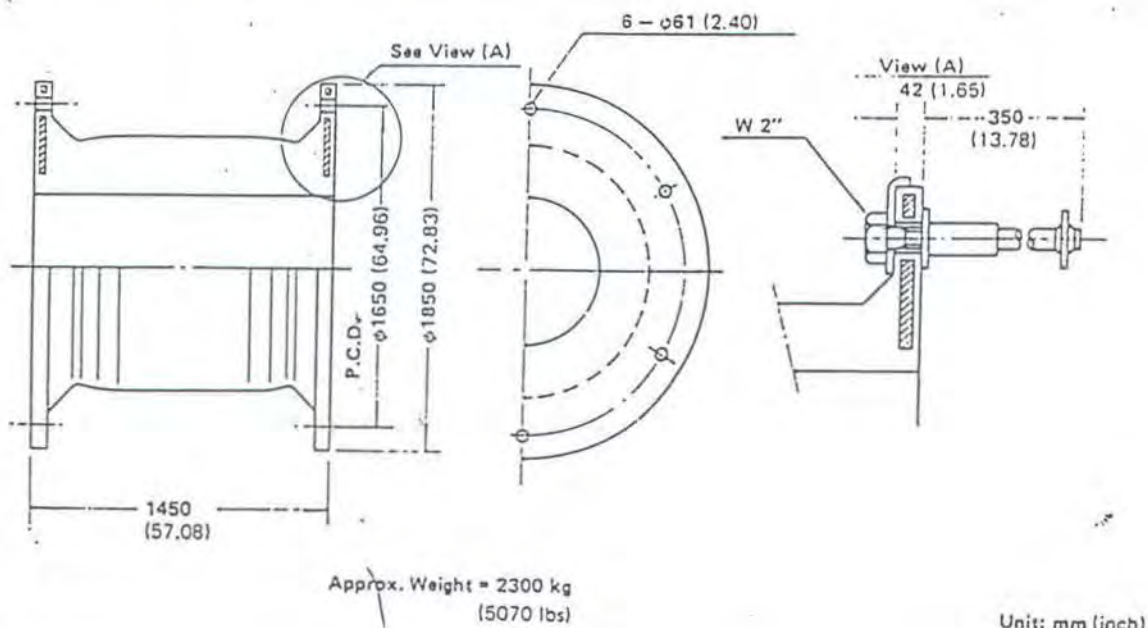
Performance Curve



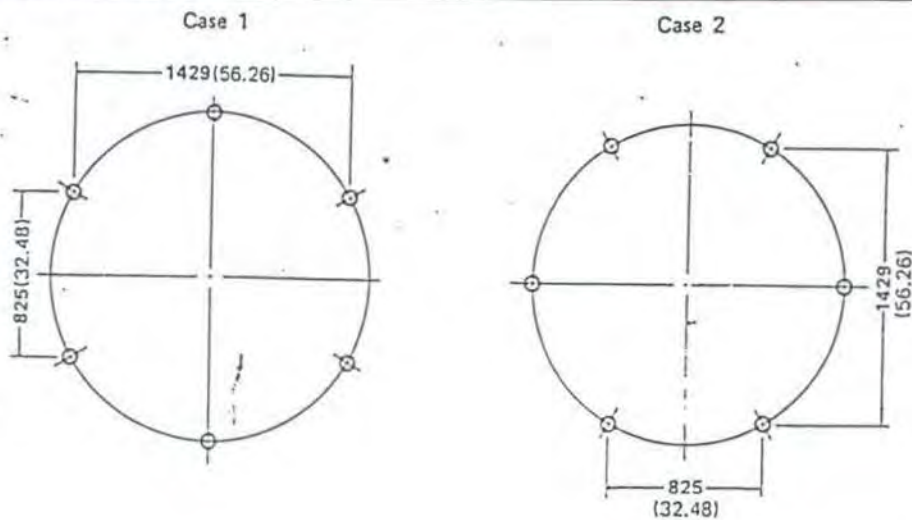
MENSIONS AND PERFORMANCE

JC1450H

Dimensions



Location of bolt holes



3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

SUC1450H

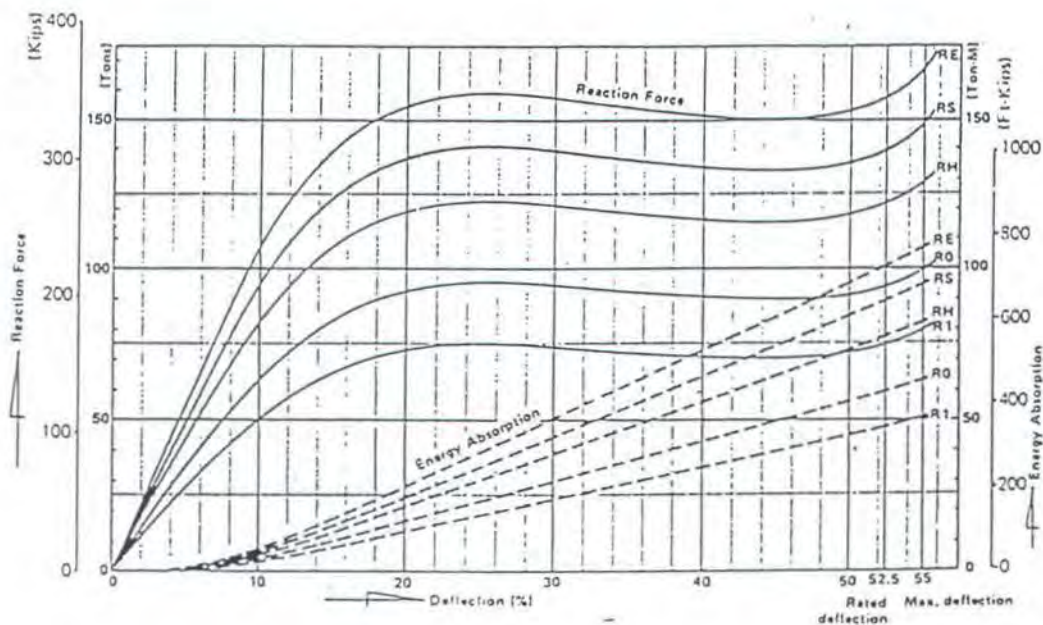
(3) Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	158.2 348.8	168.2 370.9	100.7 728.6	106.6 771.3
RS	140.4 309.6	149.3 329.2	89.4 646.8	94.7 685.2
RH	121.7 268.3	129.4 285.3	77.5 560.7	82.0 593.3
RO	93.6 206.4	99.5 219.4	59.6 431.2	63.1 456.5
R1	74.9 165.2	79.6 175.5	47.7 345.1	50.5 365.4

Rated deflection: 52.5%
Maximum deflection: 55%

Tolerance: $\pm 10\%$

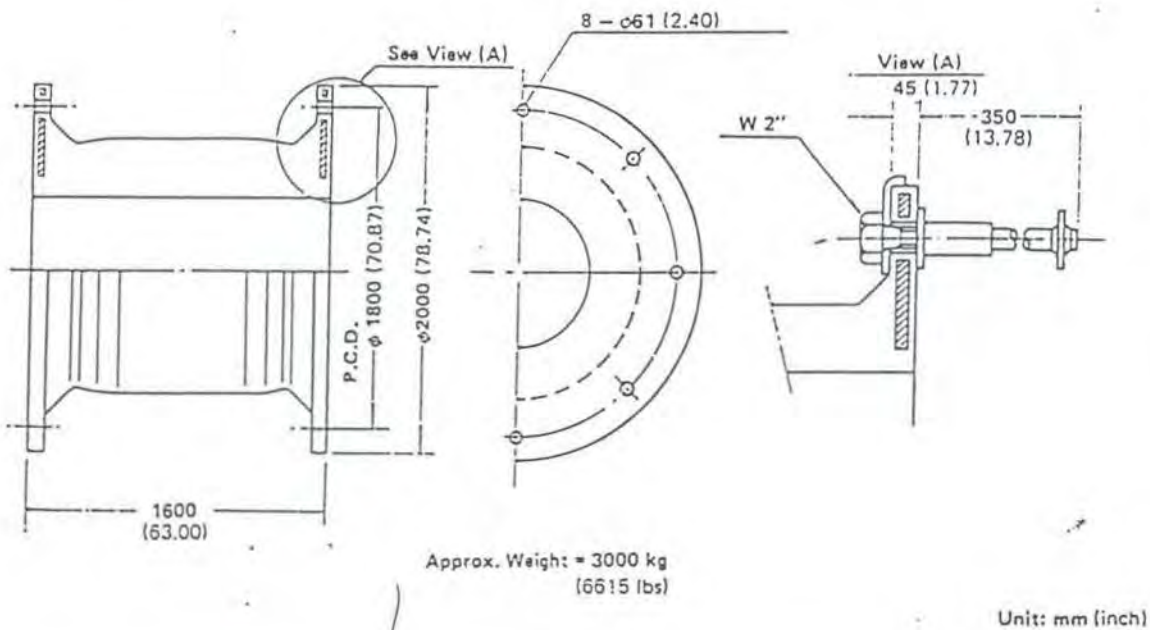
(4) Performance Curve



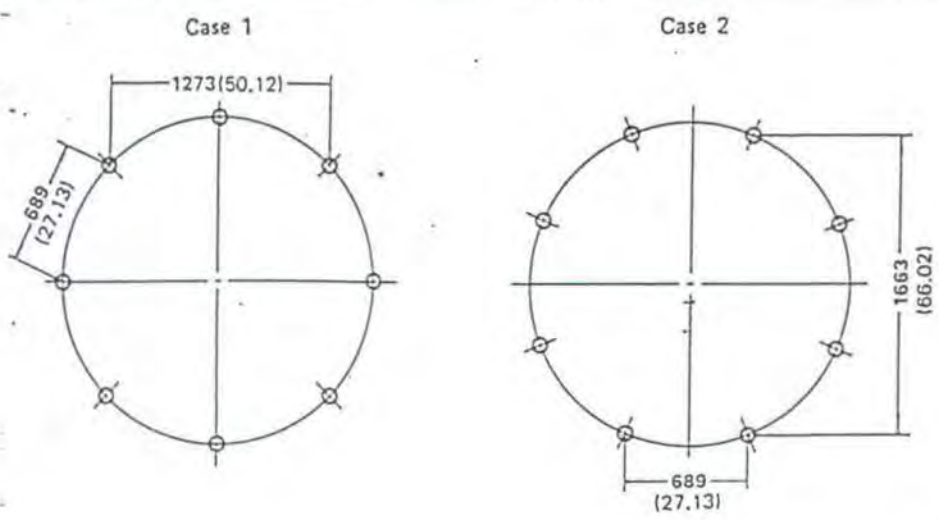
3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

SUC1600H

(1) Dimensions



(2) Location of bolt holes



Unit: mm (inch)

DIMENSIONS AND PERFORMANCE

UC1600H

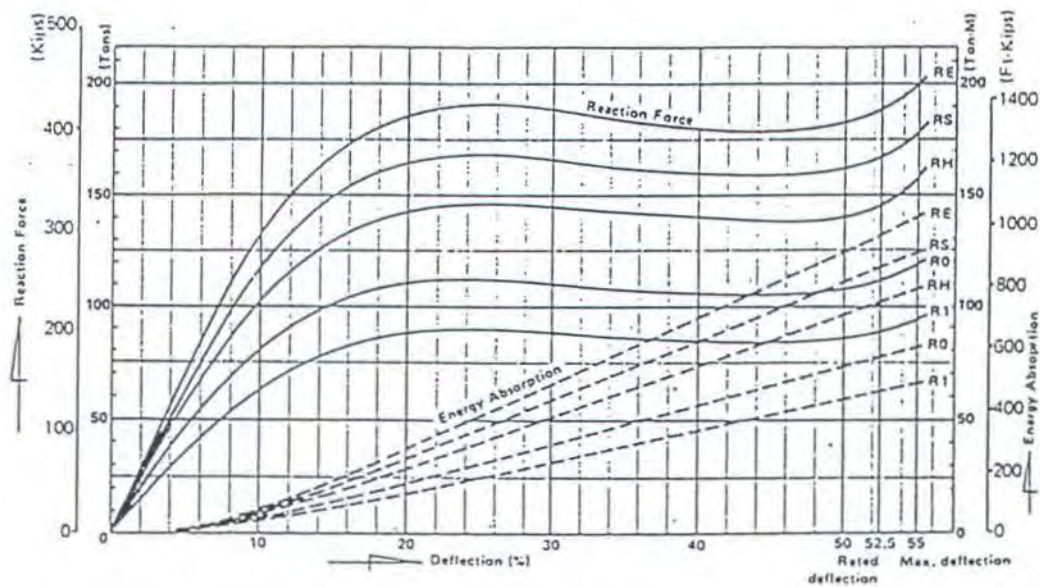
Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	192.6 424.7	204.7 451.4	135.3 978.9	143.3 1036.8
RS	171.0 377.1	181.7 400.6	120.1 868.9	127.2 920.3
RH	148.2 326.8	157.5 347.3	104.1 753.2	110.2 797.3
R0	114.0 251.4	121.2 267.2	80.1 579.5	84.8 613.5
R1	91.2 201.1	96.9 213.7	64.1 463.8	67.8 490.5

Rated deflection: 52.5%
Maximum deflection: 55%

Tolerance: $\pm 10\%$

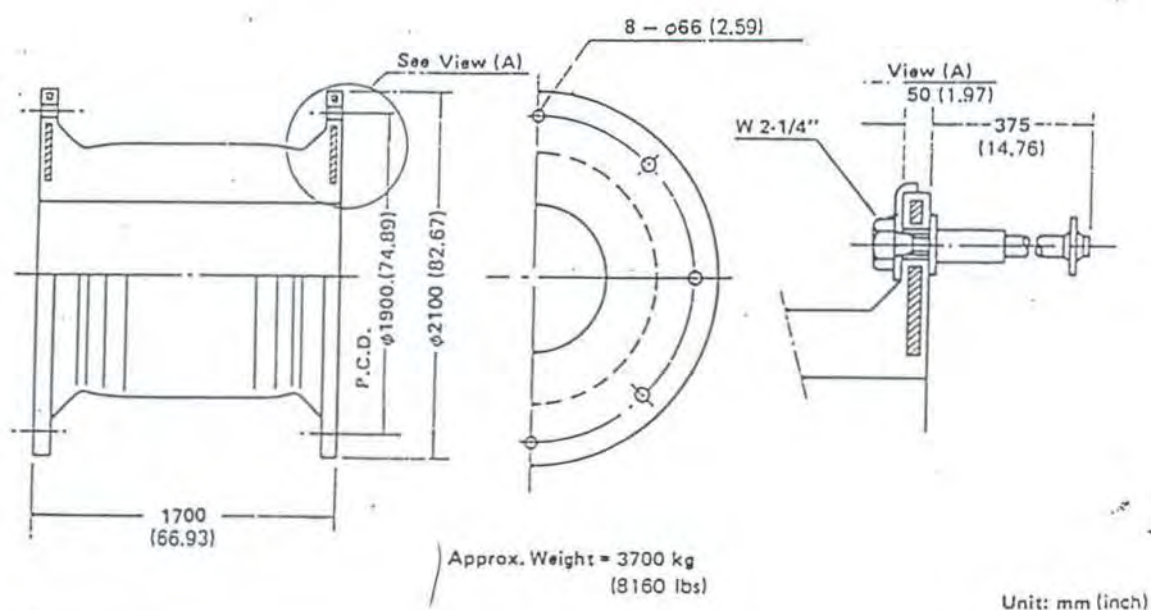
Performance Curve



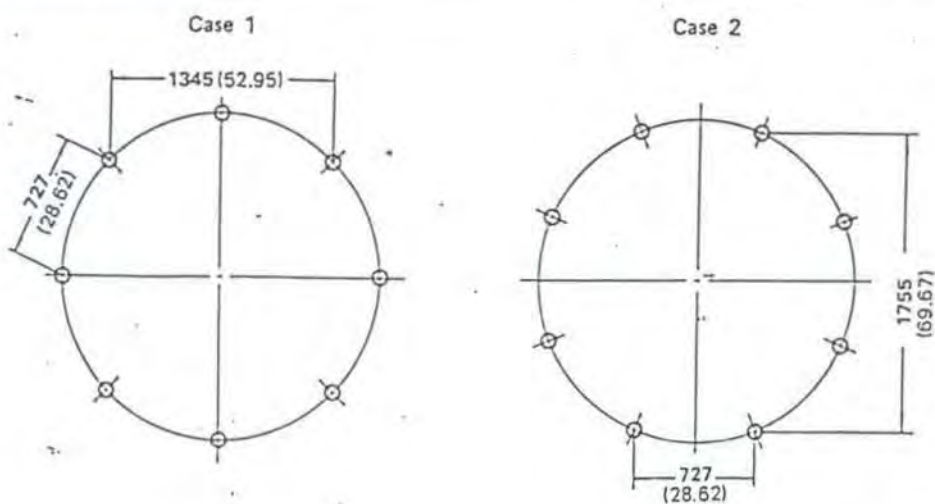
DIMENSIONS AND PERFORMANCE

UC1700H

Dimensions



Location of bolt holes



Unit: mm (inch)

3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

SUC1700H

(3) Performance

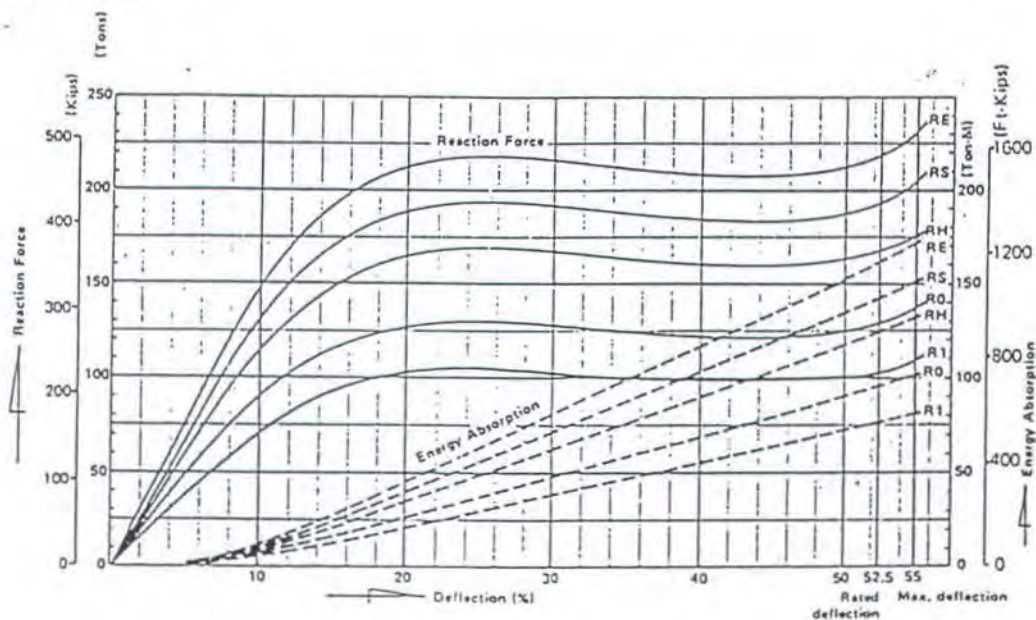
Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	217.4 479.4	231.1 509.6	162.3 1174.2	171.9 1243.7
RS	193.0 425.6	205.2 452.5	144.1 1042.6	152.5 1103.3
RH	167.3 368.9	177.8 392.0	124.9 903.7	132.2 956.5
RO	128.7 283.8	136.8 301.6	96.0 694.6	101.7 735.8
R1	102.9 226.9	109.4 241.2	76.8 555.6	81.4 588.9

Rated deflection: 52.5%

Tolerance: $\pm 10\%$

Maximum deflection: 55%

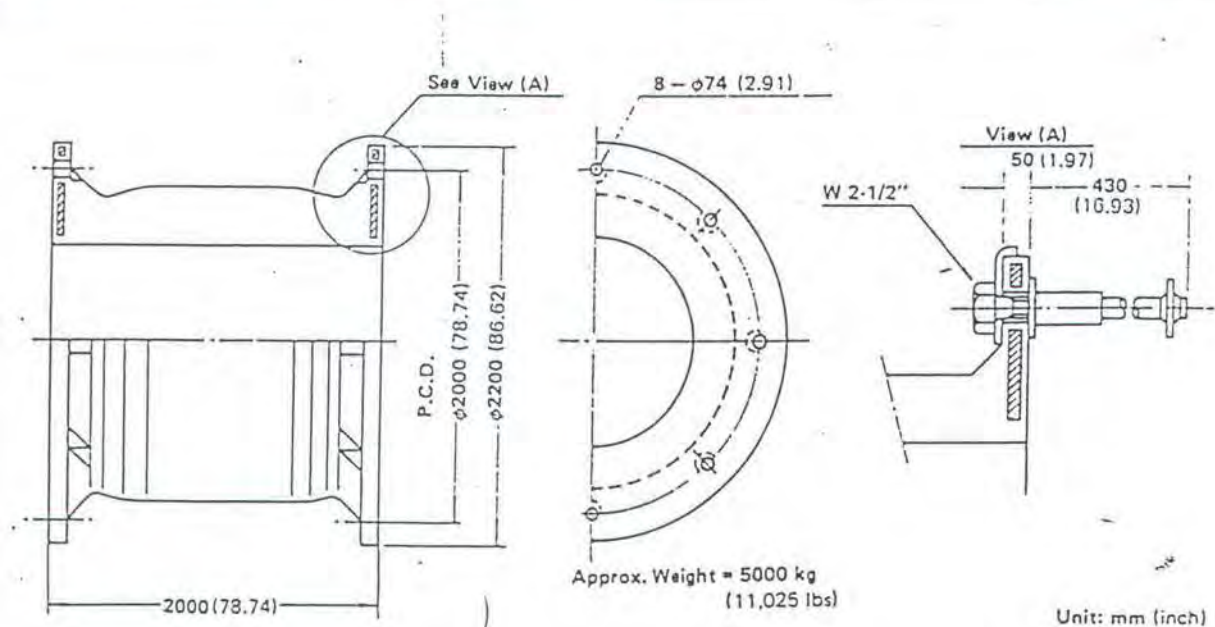
4) Performance Curve



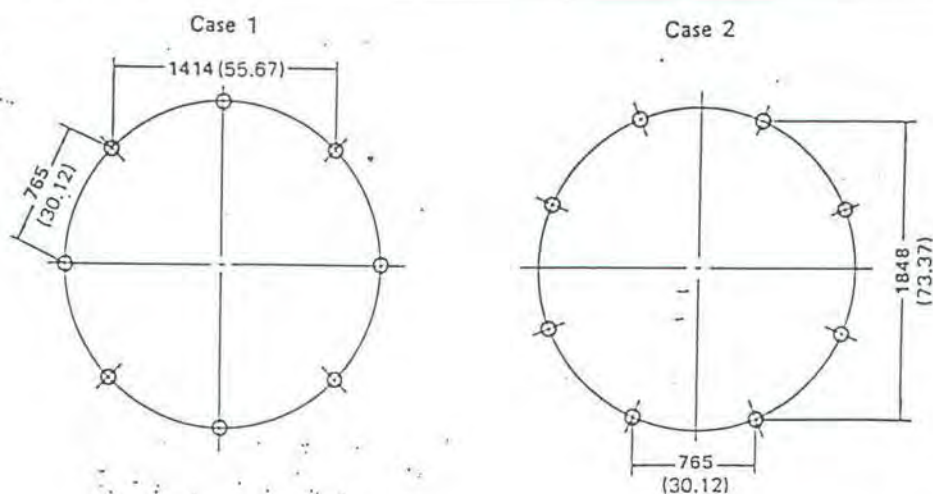
DIMENSIONS AND PERFORMANCE

SUC2000H

Dimensions



Location of bolt holes



DIMENSIONS AND PERFORMANCE

JC2000H

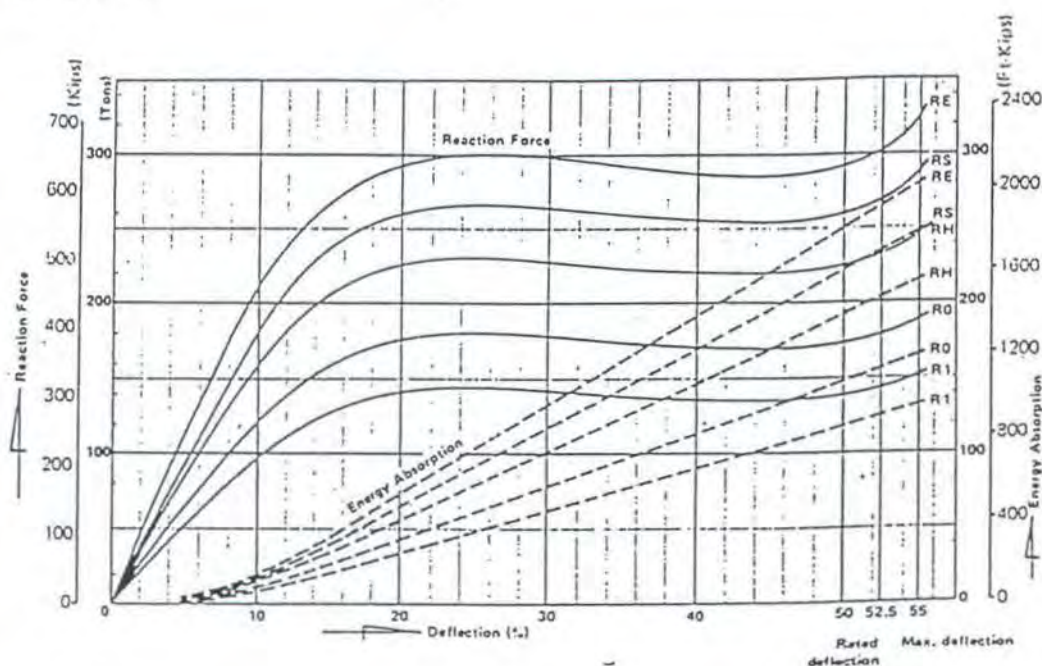
Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	300.0 661.5	319.9 705.4	264.3 1912.2	279.8 2024.4
RS	267.1 589.0	283.9 626.0	234.6 1697.3	248.4 1797.2
RH	231.5 510.5	246.1 542.7	203.3 1470.9	215.3 1557.7
R0	178.1 392.7	189.3 417.4	156.4 1131.6	165.6 1198.1
R1	142.5 314.2	151.4 333.8	125.1 905.1	132.5 958.6

deflection: 52.5%
 num deflection: 55%

Tolerance: $\pm 10\%$

Performance Curve



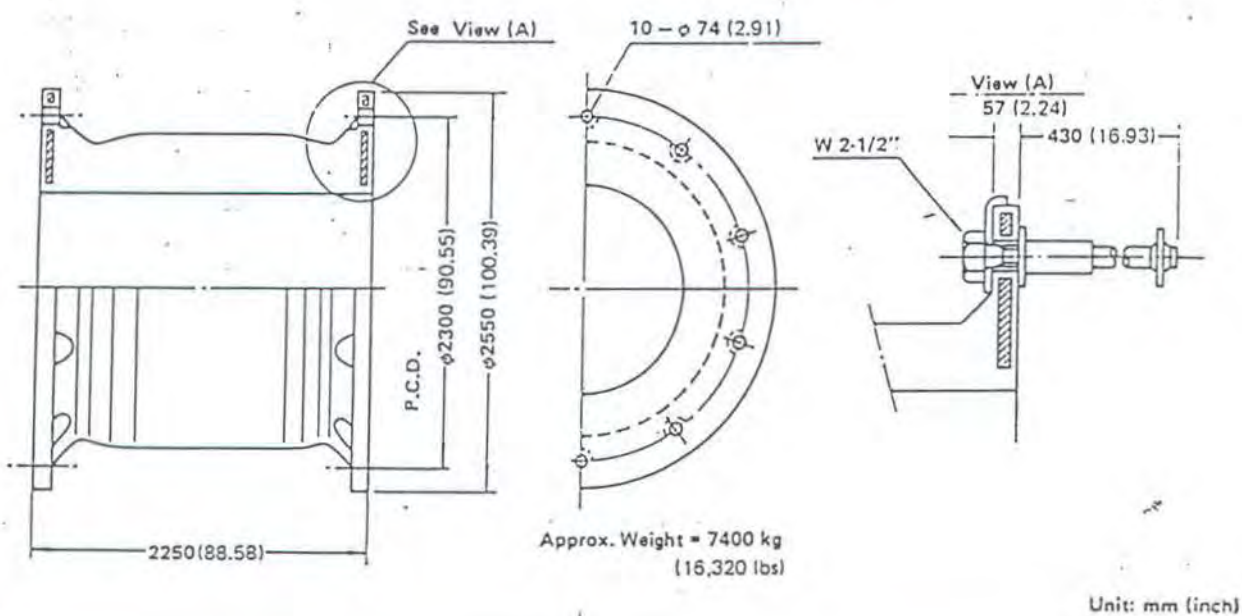
DISTRIBUTOR FOR INDONESIA
C.V. LIBRA JAYA

JL. TEH 17C JAKARTA
 TEL: 675650 - 678641
 TELEX 41397-LIBRAJ IA

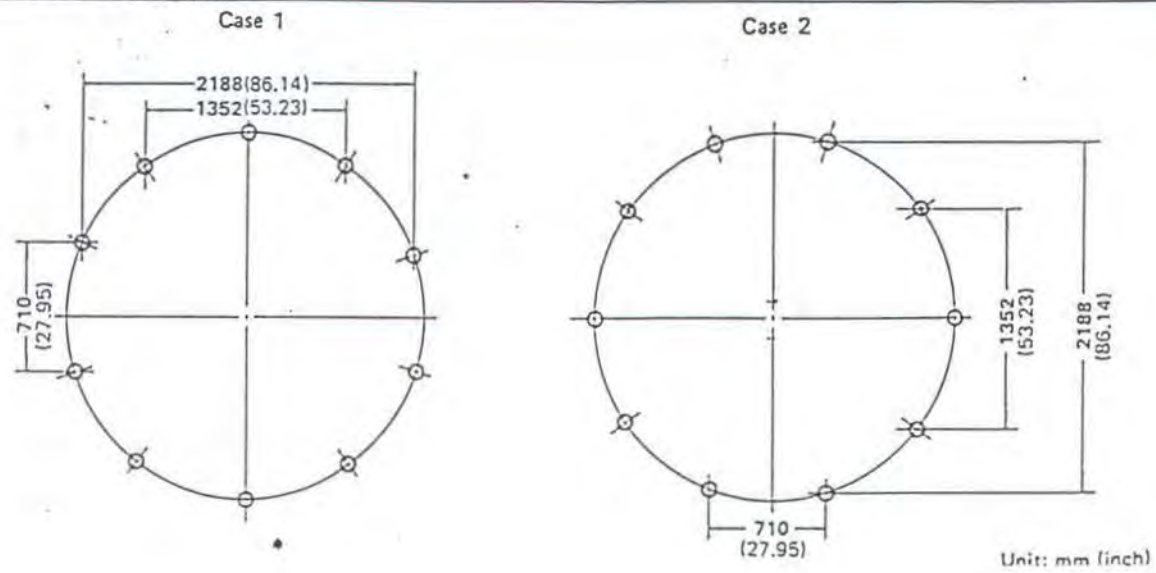
3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

SUC2250H

1) Dimensions



2) Location of bolt holes



MENSIONS AND PERFORMANCE

JC2250H

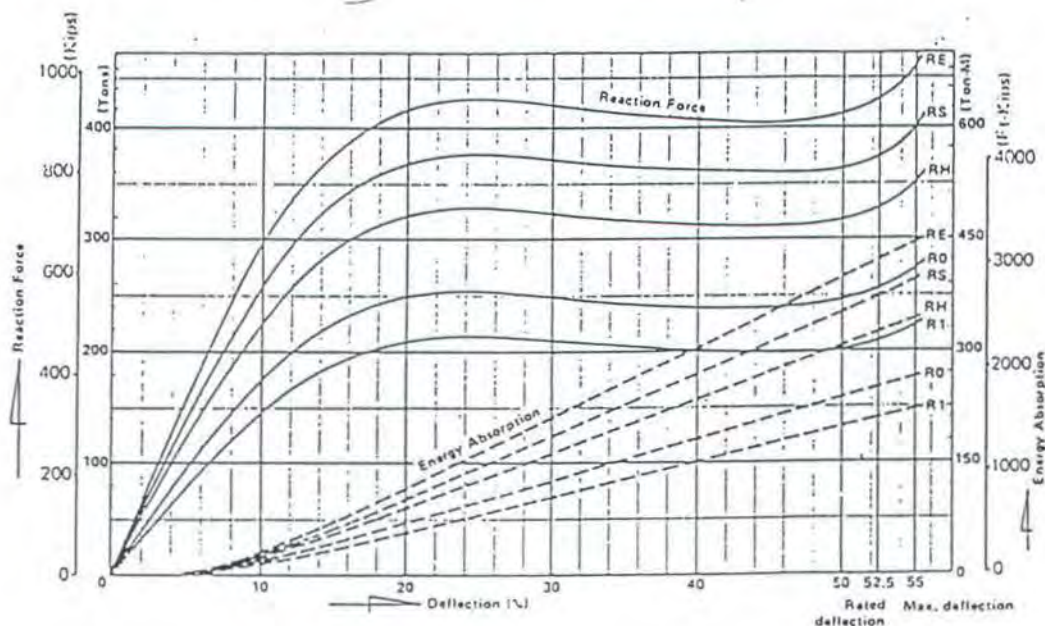
Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips
RE	422.8 932.3	449.4 990.9	417.7 3022.1	442.3 3200.0
RS	375.2 827.3	398.9 879.6	370.0 2677.0	392.5 2839.7
RH	325.2 717.1	345.7 762.3	321.3 2324.6	340.2 2461.3
R0	250.2 551.7	265.9 586.3	247.2 1788.5	261.7 1893.4
R1	212.6 468.8	226.0 498.3	210.1 1520.1	222.4 1609.1

deflection: 52.5%
um deflection: 55%

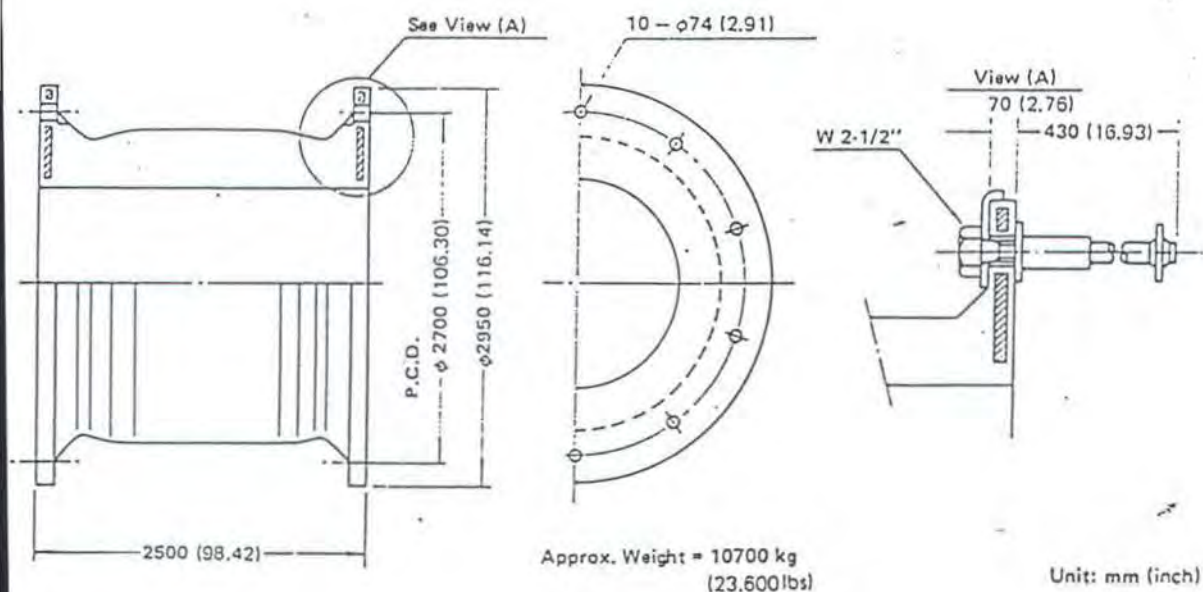
Tolerance: ± 10%

Performance Curve



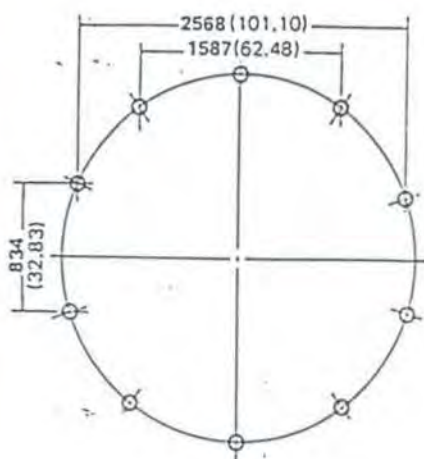
UC2500H

Dimensions

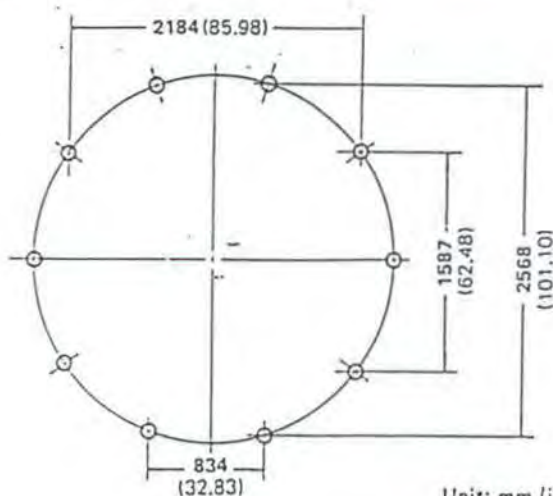


Location of bolt holes

Case 1



Case 2



Unit: mm (inch)

DIMENSIONS AND PERFORMANCE

UC2500H

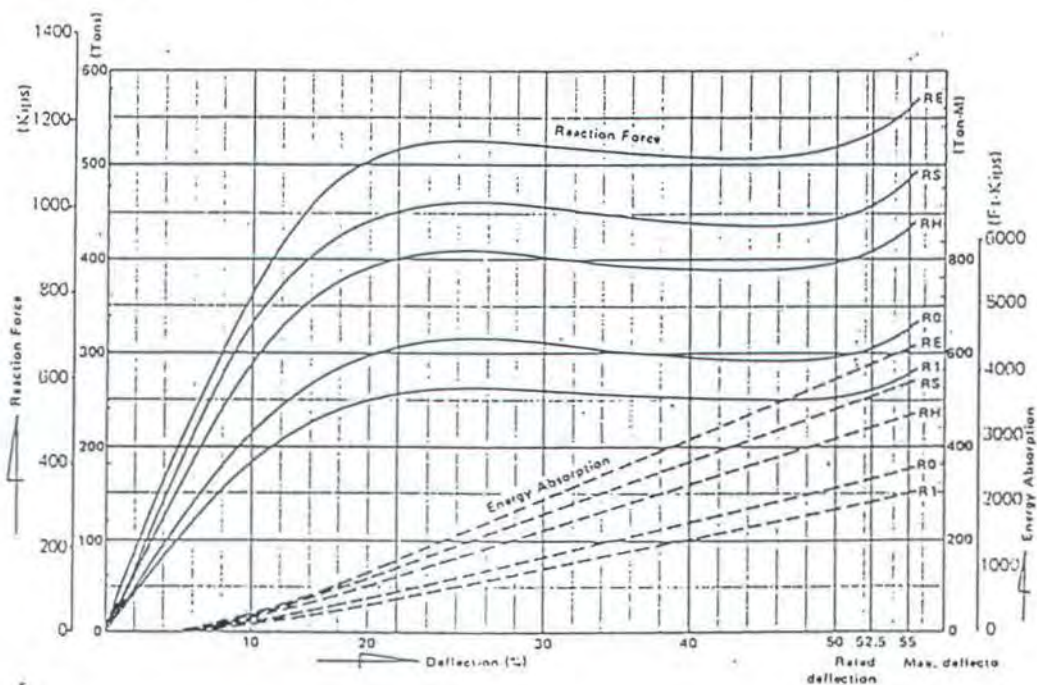
Performance

Rubber grade	Rated reaction force Tons Kips	Maximum reaction force Tons Kips	Rated energy absorption Ton-M Ft-Kips	Maximum energy absorption Ton-M Ft-Kips.
RE	522.0 1151.0	554.9 1223.6	573.0 4145.7	606.7 4389.5
RS	463.3 1021.6	492.5 1086.0	508.6 3679.7	538.5 3896.0
RH	401.5 885.3	426.8 941.1	440.8 3189.2	466.7 3376.6
RO	308.8 680.9	328.3 723.9	339.1 2453.4	359.0 2597.4
R1	262.5 578.8	279.1 615.4	288.2 2085.1	305.1 2207.4

ed deflection: 52.5%
 imum deflection: 55%

Tolerance : ± 10%

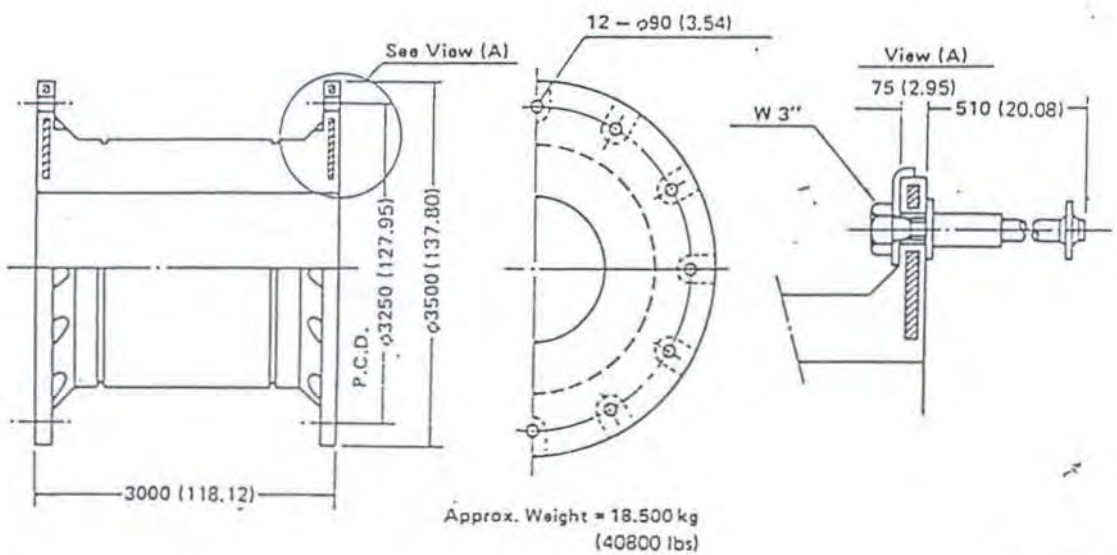
Performance Curve



3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

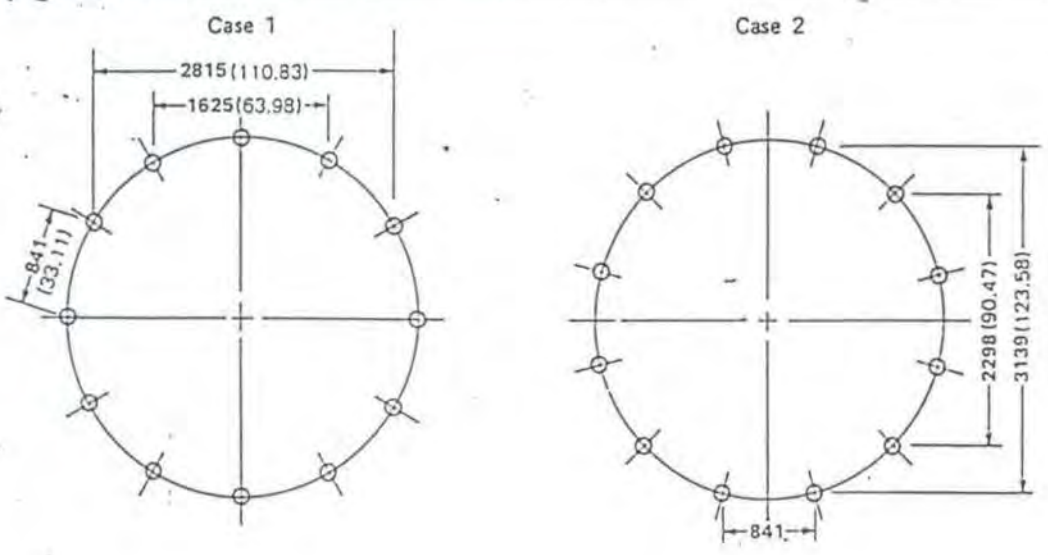
C3000H

(1) Dimensions



Unit: mm (inch)

2) Location of bolt holes



3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

C3000H

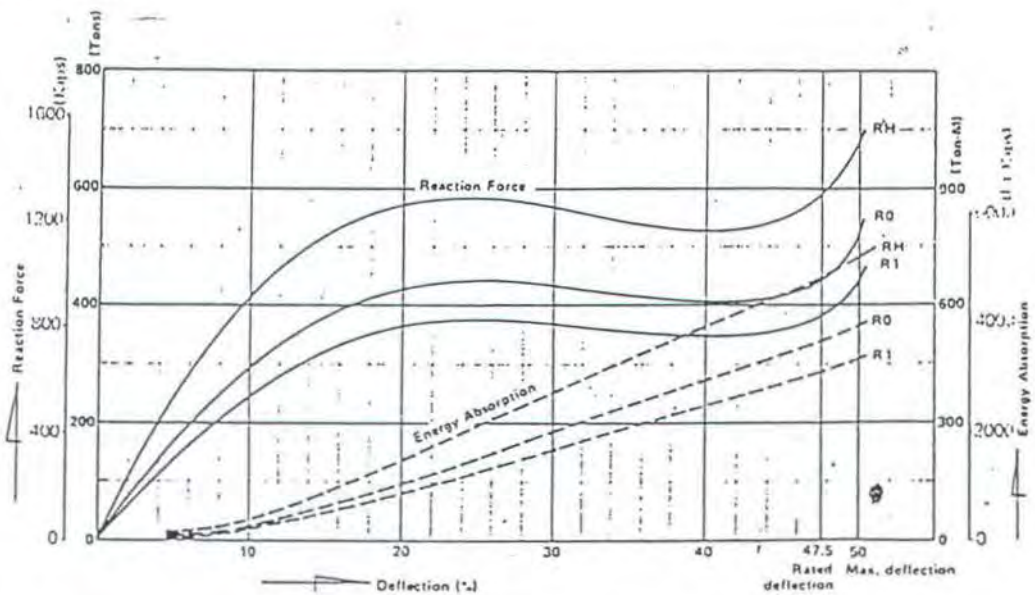
(3) Performance

Rubber grade	Rated reaction force	Maximum reaction force	Rated energy absorption	Maximum energy absorption
	Tons Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Ton-M Ft-Kips
RE	—	—	—	—
RS	—	—	—	—
RH	580.0 1279.0	675.0 1488.4	670.0 4847.5	720.0 5209.2
R0	440.0 970.0	520.0 1146.6	510.0 3689.9	545.0 3943.1
R1	375.0 827.0	440.0 970.2	430.0 311.1	465.0 3364.3

ated deflection: 47.5%
maximum deflection: 50%

Tolerance: ± 10%

) Performance Curve



4. ACCESSORIES

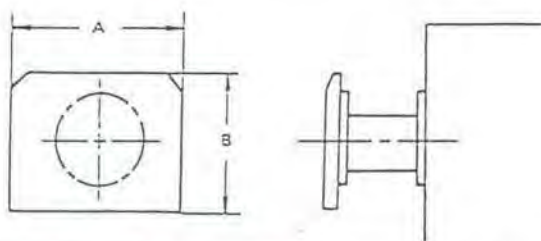
4) Standard Size of Frontal Frame

Note: a. Flat surfaces are determined by combinations of 600 SQ, 300 SQ or 900 SQ mm flat pads.

b. The face pressure is calculated by the contact area of frontal frame (including pad clearance).

c. In case the face pressure corresponding to minimum size of frontal frame is less than the standard face pressure of 30.25 and/or 20, its face pressure is shown in ().

• Single Unit



Fender size		C800H	SUC1000H	SUC1150H	SUC1250H	SUC1450H	SUC1600H
Standard maximum face pressure (ton/m ²)		A x B	A x B	A x B	A x B	A x B	A x B
Rubber grade							
RE	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	1400 x 1440	1700 x 1780	1980 x 2050	1980 x 2360	2280 x 2660	2640 x 2740
	25	1370 x 1750	1730 x 2080	1980 x 2360	2320 x 2400	2360 x 3045	2890 x 2970
	20	1670 x 1750	1980 x 2360	2360 x 2440	2590 x 2660	2890 x 3070	3260 x 3270
RS	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	1370 x 1440	1670 x 1750	1700 x 2080	2020 x 2050	2280 x 2360	2360 x 2740
	25	1430 x 1480	1670 x 2050	2020 x 2050	2060 x 2400	2340 x 2720	2590 x 2970
	20	1430 x 1810	1980 x 2050	2280 x 2360	2280 x 2660	2890 x 2970	2940 x 3270
RH	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	1100 x 1440	1370 x 1750	1730 x 1780	1730 x 2110	2060 x 2360	2360 x 2400
	25	1370 x 1440	1670 x 1750	1730 x 2110	2060 x 2110	2360 x 2360	2590 x 2660
	20	1370 x 1750	1730 x 2050	1980 x 2360	2280 x 2360	2590 x 2660	2690 x 3070
R0	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	1100 x 1140	(28.4)	(24.3)	(28.7)	(27.0)	2280 x 2050
	25	1100 x 1440	1370 x 1750		1670 x 2050	2280 x 2050	2590 x 2050
	20	1370 x 1440	1670 x 1750	1730 x 2050	2020 x 2050	2280 x 2360	2690 x 2400
R1	Min	1070 x 1140	1370 x 1440	1670 x 1750	1670 x 1750	1980 x 2050	2020 x 2050
	30	(23.8)	(22.7)	(19.4)	(22.9)	(21.6)	(25.7)
	25						2060 x 2080
	20	1070 x 1440	1370 x 1750		1670 x 2050	2060 x 2110	2280 x 2360
Fender size		SUC1700H	SUC2000H	SUC2250H	SUC2500H	C3000H	
Standard maximum face pressure (ton/m ²)		A x B	A x B	A x B	A x B	A x B	
Rubber grade							
RE	Min	2280 x 2360	2280 x 2360	3230 x 2660	3590 x 2970		
	30	2690 x 3020	3200 x 3580	3230 x 4800	3950 x 4800		
	25	2890 x 3370	3500 x 3830	3810 x 4800	4540 x 4960		
	20	3320 x 3580	3950 x 4260	4460 x 5100	5030 x 5590		
RS	Min	2280 x 2360	2280 x 2360	3230 x 2660	3590 x 2970		
	30	2640 x 2740	2990 x 3320	3560 x 3880	3950 x 4260		
	25	2890 x 2970	3290 x 3580	3810 x 4260	4110 x 4880		
	20	3200 x 3320	3620 x 4000	4180 x 4880	4540 x 5500		
RH	Min	2280 x 2360	2280 x 2360	3230 x 2660	3590 x 2970	4350 x 3540	
	30	2360 x 2700	2890 x 2970	3560 x 3370	3620 x 4190	4350 x 4900	
	25	2590 x 2970	3200 x 3270	3880 x 3640	4180 x 4190	5260 x 4900	
	20	2890 x 3270	3560 x 3580	4180 x 4190	4800 x 4560	5720 x 5360	
R0	Min	2280 x 2360	2280 x 2360	3230 x 2660	3590 x 2970	4350 x 3540	
	30	(27.4)	2590 x 2660	3230 x 2970	3620 x 3270	4400 x 3600	
	25	2280 x 2660	2990 x 2700	3260 x 3370	3500 x 3880	4350 x 4450	
	20	2690 x 2700	2990 x 3320	3810 x 3580	3940 x 4260	4810 x 4900	
R1	Min	2280 x 2360	2280 x 2360	3230 x 2660	3590 x 2970	4350 x 3540	
	30	(21.9)	2320 x 2360	(27.4)	(27.0)	(26.3)	
	25		2360 x 2740	3230 x 2970	3590 x 3270	4350 x 3990	
	20	2280 x 2660	2640 x 3020	3230 x 3580	3620 x 3940	4450 x 4550	

Frontal Frame

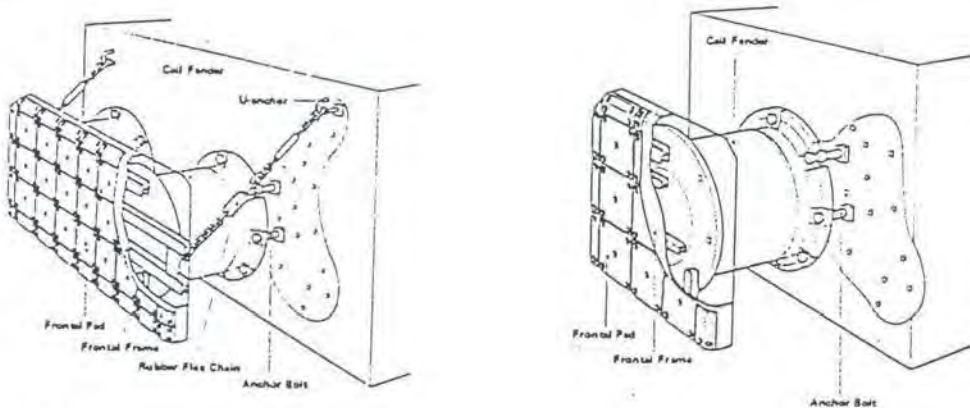
(1) Construction

The frame is designed of vertical and horizontal steel members and a frontal steel plate so as to withstand the reaction force arising where the fender is compressed.

Frontal pads are fixed to the frontal steel plate by bolts and nuts and are replaceable even if the pads are damaged.

After sand blasting, the frame is painted for resisting corrosion.

As designing of the steel members and eye plates for various chains is very complicated, Bridge-stone would like to design and recommend after obtaining the design criteria for the fendering system.



(2) Chamfer

The edges of the top and both sides of the frame are chamfered about 100 mm in width so as neither to damage the hull of the vessel nor peel off the paint on the hull by the sharp edge of the frame.

Corner pads cover these edges, as we will explain on the following page.

(3) Size

The size of the frame is determined to satisfy the required face pressure.

If the height of frame is determined considering the tidal range and min. freeboard, the width of the frame can be determined by the following formula:

$$FP \geq \frac{R \text{ max.}}{(H - 0.1) \times (W - 0.2)}$$

Wehre

FP: Required face pressure (T/M²)

R max: The max. reaction force of fender (ton)

H: Height of frontal frame (m)

W: Width of frontal frame (m)

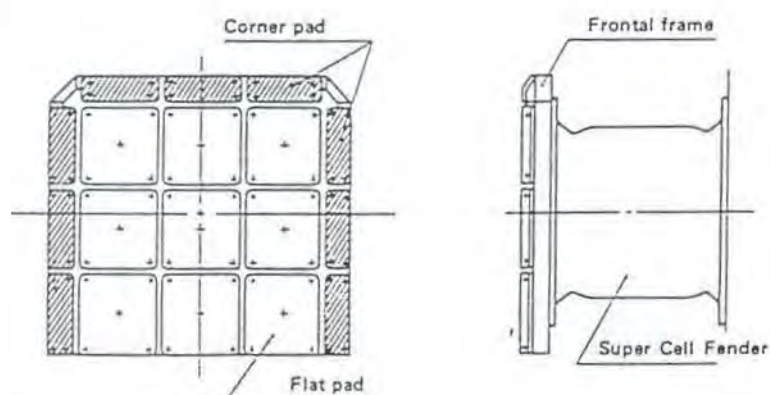
If the height of the frame is not determined, the height and width can be selected by the formula, shown above.

5. Frontal pad

(1) Type

There are two kinds of pads, the flat pad and the corner pad, with them typically arranged as shown below:

Pad arrangement



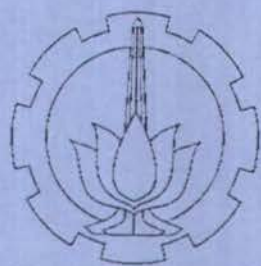
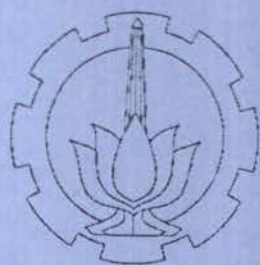
(2) Materials

The materials for the flat and corner pads is synthetic resin (Polyethylene or Nylon) and unless specifically requested Polyethylene is used for both the flat and corner pads.

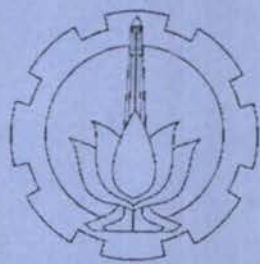
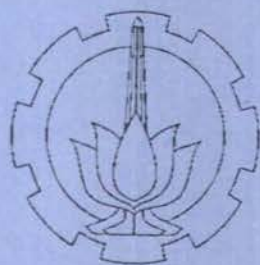
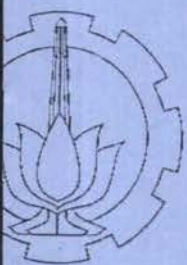
The materials and their physical properties are shown in Table.

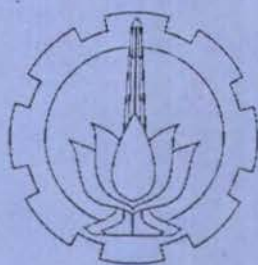
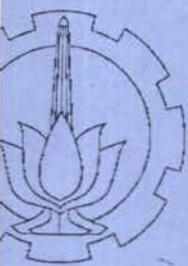
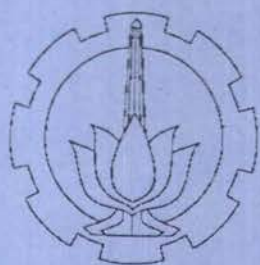
Physical Properties

Materials	Polyethylene resin	Nylon resin	Rubber (Reference)
Physical Properties			
Specific gravity	0.95	1.15	1.15
Tensile strength (kg/cm ²)	250	750	200
Elongation (%)	20	50 ~ 120	450
Compression strength (kg/cm ²)	200	900	200
Bending strength (kg/cm ²)	140 ~ 210	1,000	—
Young modulus (kg/cm ²)	5,600 ~ 10,500	26,000	40
Resistance to shock (kg-cm)	70	200	—
Friction coefficient (toward iron)	0.2	0.2	0.3
Ratio of wearing	0.5	0.28	1



LAMPIRAN D





LAMPIRAN E

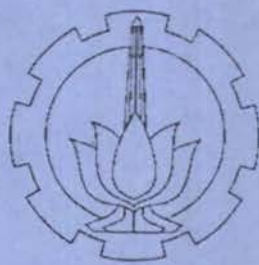
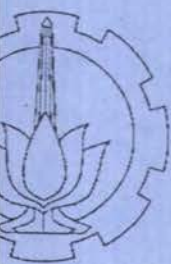
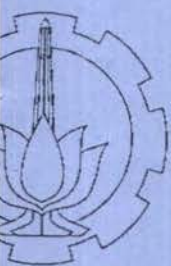


Fig 17. Correction Factor for Reaction Force

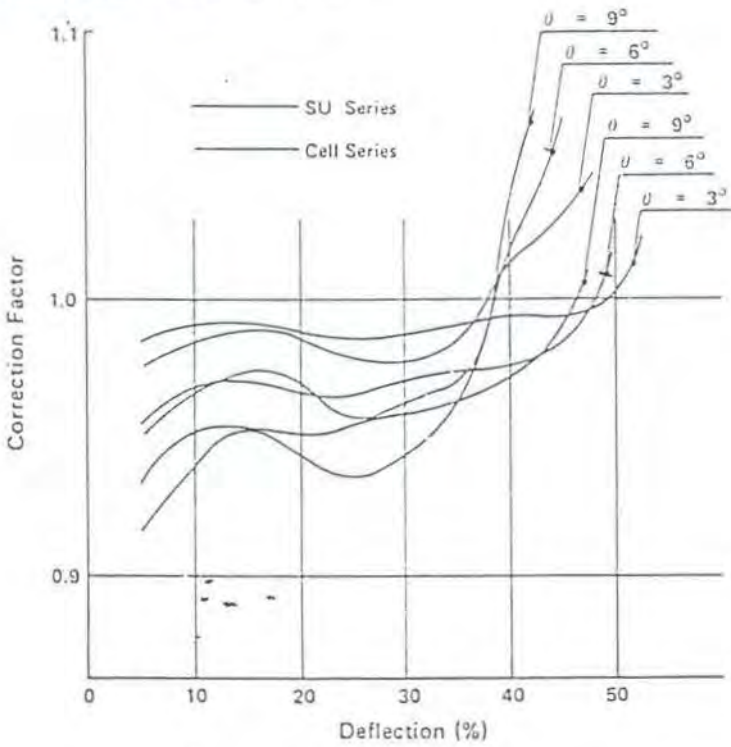
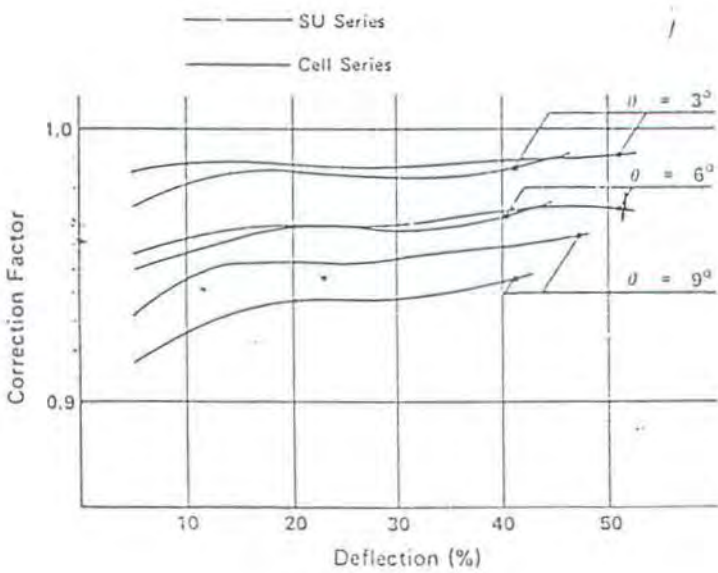


Fig 18. Correction Factor for Energy Absorption



2 TABLE OF PERFORMANCE

Energy Absorption of Cell Fender Series (in metric ton-meters)

Performance		Energy Absorption (Ton-m)									
Rubber Grade		RE		RS		RH		R0		R1	
Size	Defl.	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion
C400H		1.7	1.9	1.5	1.7	1.3	1.4	1.0	1.1	0.8	0.9
C500H		3.6	3.9	3.2	3.5	2.7	2.9	2.1	2.3	1.6	1.8
C630H		7.1	7.6	6.3	6.8	5.4	5.9	4.2	4.5	3.3	3.6
C800H		14.4	15.9	12.8	14.1	11.0	12.2	8.5	9.4	6.8	7.5
SUC1000H		33.0	35.0	29.3	31.0	25.4	26.9	19.5	20.7	15.6	16.6
SUC1150H		50.2	53.2	44.6	47.2	38.7	40.9	29.7	31.5	23.8	25.2
SUC1250H		64.5	68.3	57.3	60.6	49.6	52.6	38.2	40.4	30.3	32.3
SUC1450H		100.7	106.6	89.4	94.7	77.5	82.0	59.6	63.1	47.7	50.5
SUC1600H		135.3	143.3	120.1	127.2	104.1	110.2	80.1	84.8	64.1	67.8
SUC1700H		162.3	171.9	144.1	152.5	124.9	132.2	96.0	101.7	76.8	81.4
SUC2000H		264.3	279.8	234.6	248.4	203.3	215.3	156.4	165.6	125.1	132.5
SUC2250H		417.7	442.3	370.0	392.5	321.3	340.2	247.2	261.7	210.1	222.4
SUC2500H		573.0	606.7	508.6	538.5	440.8	466.7	339.1	359.0	288.2	305.1
C3000H		—	—	—	—	670.0	720.0	510.0	545.0	430.0	465.0

Design Deflection of Cell Series: 47.5% Design Deflection of SU Series: 52.5%
Maximum Deflection of Cell Series: 50% Maximum Deflection of SU Series: 55%
Tolerance: ±10%

Reaction Force of Cell Fender Series (in metric tons)

Performance		Reaction Force (Ton)									
Rubber Grade		RE		RS		RH		R0		R1	
Size	Defl.	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion	Design Deflec- tion	Max. Deflec- tion
C400H		11.0	12.8	9.8	11.4	8.5	9.9	6.5	7.6	5.2	6.0
C500H		18.6	21.5	16.5	19.1	14.3	16.3	11.0	12.7	8.8	10.1
C630H		29.6	33.8	26.3	30.0	22.8	25.6	17.5	20.0	14.0	16.0
C800H		47.3	56.6	42.0	50.3	36.2	42.3	28.0	33.5	21.5	25.5
SUC1000H		75.2	80.0	66.8	71.0	57.9	61.5	44.5	47.3	35.6	37.9
SUC1150H		99.5	105.8	88.3	93.9	76.5	81.4	58.9	62.6	47.1	50.1
SUC1250H		117.6	125.0	104.3	110.9	90.4	96.1	69.6	73.9	55.6	59.2
SUC1450H		158.2	168.2	140.4	149.3	121.7	129.4	93.6	99.5	74.9	79.6
SUC1600H		192.6	204.7	171.0	181.7	143.2	157.5	114.0	121.2	91.2	96.9
SUC1700H		217.4	231.1	193.0	205.2	167.3	177.8	128.7	136.8	102.9	109.4
SUC2000H		300.0	319.9	267.1	283.9	231.5	246.1	178.1	189.3	142.5	151.4
SUC2250H		422.8	449.4	375.2	398.9	325.2	345.7	250.2	265.9	212.6	226.0
SUC2500H		522.0	554.9	463.3	492.5	401.5	426.8	308.8	328.3	262.5	279.1
C3000H		—	—	—	—	530.0	675.0	440.0	520.0	375.0	440.0

Design Deflection of Cell Series: 47.5% Design Deflection of SU Series: 52.5%
Maximum Deflection of Cell Series: 50% Maximum Deflection of SU Series: 55%
Tolerance: ±10%

5. TABLE OF ANGULAR PERFORMANCE

C800H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
0	RE	50.0	56.6 124.8	15.9 115.0	7	RE	44.1	48.8 107.6	13.0 94.1
	RS		50.3 110.9	14.1 102.0		RS		43.4 95.7	11.6 83.9
	RH		42.3 93.3	12.2 88.3		RH		36.9 81.4	10.0 72.4
	R0		33.5 73.9	9.4 68.0		R0		28.9 63.7	7.7 55.7
	R1		25.5 56.2	7.5 54.3		R1		21.9 48.3	6.0 43.4
3	RE	47.5	51.7 114.0	14.5 104.9	8	RE	43.3	48.0 105.8	12.5 90.4
	RS		45.9 101.2	12.9 93.3		RS		42.6 93.9	11.1 80.3
	RH		39.2 86.4	11.3 81.8		RH		36.9 81.4	9.7 70.2
	R0		30.6 67.5	8.6 62.2		R0		28.4 62.6	7.4 53.5
	R1		23.5 51.8	6.9 49.9		R1		21.4 47.2	5.8 42.0
4	RE	46.6	49.9 110.0	14.2 102.7	9	RE	42.5	47.5 104.7	12.2 88.3
	RS		44.3 97.7	12.6 91.2		RS		42.2 93.1	10.8 78.1
	RH		38.0 83.8	10.8 78.1		RH		36.4 80.3	9.4 68.0
	R0		29.5 65.0	8.4 60.8		R0		28.1 62.0	7.2 52.1
	R1		22.7 50.1	6.7 48.5		R1		21.4 47.2	5.7 41.2
5	RE	45.8	49.5 109.1	13.9 100.6	10	RE	41.7	47.0 103.6	11.7 84.6
	RS		44.0 97.0	12.3 89.0		RS		41.7 91.9	10.4 75.2
	RH		37.8 83.3	10.6 76.7		RH		36.4 80.3	9.1 65.8
	R0		29.3 64.6	8.2 59.3		R0		27.8 61.3	5.9 49.9
	R1		22.9 50.5	6.5 47.0		R1		21.4 47.2	5.4 39.1
6	RE	45.0	49.3 108.7	13.5 97.7	15	RE	37.6	48.8 107.6	9.6 69.5
	RS		43.8 96.6	12.0 86.8		RS		43.4 95.7	8.6 62.2
	RH		37.8 83.3	10.3 74.5		RH		36.9 81.4	7.5 54.3
	R0		29.2 64.4	8.0 57.9		R0		28.9 63.7	5.7 41.2
	R1		22.5 49.6	6.3 45.6		R1		21.9 48.3	4.4 31.8

TABLE OF ANGULAR PERFORMANCE

SUC1000H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
7	RE	55.0	80.0 176.4	35.0 253.2	7	RE	49.1	73.9 162.9	29.6 214.2
	RS		71.0 156.6	31.0 224.3		RS		65.6 144.6	26.2 189.6
	RH		61.5 135.6	26.9 194.6		RH		56.8 125.2	22.7 164.2
	R0		47.3 104.3	20.7 149.8		R0		43.7 96.4	17.5 126.6
	R1		37.9 83.6	16.6 120.1		R1		35.0 77.2	14.0 101.3
8	RE	52.5	76.7 169.1	32.7 236.6	8	RE	48.3	73.9 162.9	28.8 208.4
	RS		68.1 150.2	29.0 209.8		RS		65.6 144.6	25.6 185.2
	RH		59.0 130.1	25.2 182.3		RH		56.8 125.2	22.2 160.6
	R0		45.4 100.1	19.4 140.4		R0		43.7 96.4	17.1 123.7
	R1		36.3 80.0	15.5 112.1		R1		35.0 77.2	13.7 99.1
9	RE	51.6	75.2 165.3	31.9 230.8	9	RE	47.5	73.2 161.4	28.1 203.3
	RS		66.7 147.1	28.3 204.8		RS		65.0 143.3	24.9 180.2
	RH		57.8 127.4	24.5 177.3		RH		56.3 124.1	21.6 156.3
	R0		44.5 98.1	18.9 136.7		R0		43.3 95.5	16.6 120.1
	R1		35.6 78.5	15.5 112.1		R1		34.7 76.5	13.3 96.2
10	RE	50.8	74.6 164.5	31.0 224.3	10	RE	46.7	12.2 159.2	27.5 199.0
	RS		66.2 146.0	27.5 199.0		RS		64.0 141.1	24.4 176.5
	RH		57.4 126.6	23.9 172.9		RH		55.5 122.4	21.2 153.4
	R0		44.2 97.5	18.4 133.1		R0		42.7 94.2	16.3 117.9
	R1		35.3 77.8	14.7 106.4		R1		34.2 75.4	13.0 94.1
15	RE	50.0	74.4 164.1	30.3 219.2	15	RE	42.6	71.9 158.5	24.0 173.6
	RS		66.0 145.5	26.9 194.6		RS		63.8 140.7	21.3 154.1
	RH		57.2 126.1	23.3 168.6		RH		55.3 121.9	18.5 133.8
	R0		44.0 97.0	17.9 129.5		R0		42.5 93.7	14.2 102.7
	R1		35.2 77.6	14.4 104.2		R1		34.0 75.0	11.4 82.5

5. TABLE OF ANGULAR PERFORMANCE

SUC1150H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT, %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
0	RE	55.0	105.8 233.3	53.2 384.9	7	RE	49.1	97.7 215.4	45.0 325.6
	RS		93.9 207.0	47.2 341.5		RS		86.7 191.2	39.9 288.7
	RH		81.4 179.5	40.9 295.9		RH		75.2 165.8	34.6 250.3
	R0		62.6 138.0	31.5 227.9		R0		57.8 127.4	26.6 192.5
	R1		50.1 110.5	25.2 182.3		R1		46.3 102.1	21.3 154.1
3	RE	52.5	101.5 223.8	49.7 359.6	8	RE	48.3	97.7 215.4	43.9 317.6
	RS		90.1 199.7	44.2 319.8		RS		86.7 191.2	38.9 281.4
	RH		78.1 172.2	38.3 277.1		RH		75.2 165.8	33.7 243.8
	R0		60.1 132.5	29.4 212.7		R0		57.8 127.4	26.0 188.1
	R1		48.0 105.8	23.5 170.0		R1		46.3 102.1	20.8 150.5
4	RE	51.6	99.4 219.2	48.5 350.9	9	RE	47.5	96.8 213.4	42.7 308.9
	RS		88.2 194.5	43.0 311.1		RS		85.9 189.4	37.9 274.2
	RH		76.5 168.7	37.3 269.9		RH		74.5 164.3	32.9 233.0
	R0		58.8 129.7	28.7 207.6		R0		57.3 125.3	25.3 183.0
	R1		47.1 103.9	23.0 166.4		R1		45.8 101.0	20.2 146.1
5	RE	50.8	98.7 217.6	47.2 341.5	10	RE	46.7	95.4 210.4	41.9 303.1
	RS		87.6 193.2	41.9 303.1		RS		84.7 186.8	37.2 269.1
	RH		75.9 167.4	36.3 262.6		RH		73.4 161.8	32.2 233.0
	R0		58.4 128.8	27.9 201.9		R0		56.5 124.5	24.8 179.4
	R1		46.7 103.0	22.3 161.3		R1		45.2 99.7	19.8 143.3
6	RE	50.0	98.4 217.0	46.1 333.5	15	RE	42.6	95.0 209.5	36.5 264.1
	RS		87.3 192.5	40.9 295.9		RS		84.3 185.9	32.4 234.4
	RH		75.7 166.9	35.5 256.8		RH		73.1 161.2	28.1 203.3
	R0		58.2 128.3	27.3 197.5		R0		56.2 123.9	21.6 156.3
	R1		46.6 102.8	21.8 157.7		R1		45.0 99.2	17.3 125.2

TABLE OF ANGULAR PERFORMANCE

SUC1250H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT, %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION Limit %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
0	RE	55.0	125.0 275.6	68.3 494.2	7	RE	49.1	115.4 254.5	57.8 418.2
	RS		110.9 244.5	60.6 438.4		RS		102.5 226.0	51.3 371.2
	RH		96.1 211.9	52.6 380.6		RH		88.8 195.8	44.4 321.2
	R0		73.9 162.9	40.4 292.3		R0		68.3 150.6	34.2 247.4
	R1		59.2 130.5	32.3 233.7		R1		54.6 120.4	27.3 197.5
3	RE	52.5	119.9 264.4	63.9 462.3	8	RE	48.3	115.4 254.5	56.3 407.3
	RS		106.4 234.6	56.7 410.2		RS		102.5 226.0	50.0 361.8
	RH		92.2 203.3	49.1 355.2		RH		88.8 195.8	43.3 313.3
	R0		71.0 156.6	37.8 273.5		R0		68.3 150.6	33.3 240.9
	R1		56.8 125.2	30.2 218.5		R1		54.6 120.4	26.7 193.2
4	RE	51.6	117.4 258.9	62.3 450.7	9	RE	47.5	114.4 252.3	54.9 397.2
	RS		104.2 229.8	55.3 400.1		RS		101.5 223.8	48.7 352.3
	RH		90.3 199.1	47.9 346.6		RH		88.8 195.8	42.2 305.3
	R0		69.5 153.2	36.8 266.2		R0		67.7 149.3	32.5 235.1
	R1		55.6 122.6	29.5 213.4		R1		54.1 119.3	26.0 188.1
7	RE	50.8	116.6 257.1	60.6 438.4	10	RE	46.7	112.7 248.5	53.8 389.2
	RS		103.5 228.2	53.8 389.2		RS		100.1 220.7	47.7 345.1
	RH		89.7 197.8	46.6 337.2		RH		86.7 191.2	41.3 298.8
	R0		69.0 152.1	35.9 259.7		R0		66.7 147.1	31.8 230.1
	R1		55.2 121.7	28.7 207.6		R1		53.4 117.7	25.4 183.8
10	RE	50.0	116.3 256.4	59.2 428.3	15	RE	42.6	112.3 247.6	46.8 338.6
	RS		103.2 227.6	52.6 380.6		RS		99.6 219.6	41.6 301.0
	RH		89.4 197.1	45.6 329.9		RH		86.4 190.5	36.0 260.5
	R0		68.8 151.7	35.1 253.9		R0		66.4 146.4	27.7 200.4
	R1		55.0 121.3	28.0 202.6		R1		53.1 117.1	22.2 160.6

5. TABLE OF ANGULAE PERFORMANCE

SUC1450H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT, %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
0	RE	55.0	168.2 370.9	106.6 771.3	7	RE	49.1	155.3 342.4	90.1 651.9
	RS		149.3 329.2	94.7 685.2		RS		137.9 304.1	80.0 578.8
	RH		129.4 285.3	82.0 593.3		RH		119.5 263.5	69.3 501.4
	R0		99.5 219.4	63.1 456.5		R0		91.9 202.6	53.3 385.6
	R1		79.6 175.5	50.5 365.4		R1		73.5 162.1	42.7 308.9
3	RE	52.5	161.3 355.7	99.7 721.3	8	RE	48.3	155.3 342.4	87.9 636.0
	RS		143.2 315.8	88.5 640.3		RS		137.9 304.1	78.0 564.3
	RH		124.1 273.6	76.7 554.9		RH		119.5 263.5	67.6 489.1
	R0		95.5 210.6	59.0 426.9		R0		91.9 202.6	52.0 376.2
	R1		76.4 163.5	47.2 341.5		R1		73.5 162.1	41.6 301.0
4	RE	51.6	158.0 348.4	97.2 703.2	9	RE	47.5	153.9 339.3	85.6 619.3
	RS		140.3 309.4	86.3 624.4		RS		136.6 301.2	76.0 549.9
	RH		121.6 268.1	74.8 541.2		RH		118.4 261.1	65.9 476.8
	R0		93.5 206.2	57.5 416.0		R0		91.1 200.9	50.7 366.8
	R1		74.8 164.9	46.0 332.8		R1		72.9 160.7	40.5 293.0
5	RE	50.8	156.9 346.0	94.6 684.4	10	RE	46.7	151.7 334.5	83.9 607.0
	RS		139.3 307.2	83.9 607.0		RS		134.6 296.8	74.5 539.0
	RH		120.7 266.1	72.8 526.7		RH		116.7 257.3	64.5 466.7
	R0		92.9 204.8	56.0 405.2		R0		89.8 198.0	49.6 358.9
	R1		74.3 163.8	44.8 324.1		R1		71.8 158.3	39.7 287.2
6	RE	50.0	156.4 344.9	92.5 669.2	15	RE	42.6	151.1 333.2	73.1 528.9
	RS		138.9 306.3	82.1 594.0		RS		134.1 295.6	64.9 469.6
	RH		120.3 265.3	71.1 514.4		RH		116.2 256.2	56.3 407.3
	R0		92.6 204.2	54.7 395.8		R0		89.4 197.1	43.3 313.3
	R1		74.1 163.4	43.8 316.9		R1		71.5 157.7	34.6 250.3

5. TABLE OF ANGULAR PERFORMANCE

SUC1600H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT. %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT. %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
0	RE	55.0	204.7 451.4	143.3 1036.8	7	RE	49.1	189.1 417.0	121.1 876.2
	RS		181.7 400.6	127.2 920.3		RS		167.9 370.2	107.5 777.8
	RH		157.5 347.3	110.2 797.3		RH		145.5 320.8	93.2 674.3
	R0		121.2 267.2	84.8 613.5		R0		111.9 246.7	71.7 518.7
	R1		96.9 213.7	67.8 490.5		R1		89.5 197.3	57.3 414.6
3	RE	52.5	196.5 433.3	134.0 969.5	8	RE	48.3	189.1 417.0	118.1 854.5
	RS		174.4 384.6	118.9 860.2		RS		167.9 370.2	104.9 759.0
	RH		151.1 333.2	103.1 745.9		RH		145.5 320.8	90.9 657.7
	R0		116.2 256.2	79.3 573.7		R0		111.9 246.7	69.9 505.7
	R1		93.0 205.1	63.4 458.7		R1		89.5 197.3	55.9 404.4
4	RE	51.6	182.4 402.2	130.6 944.9	9	RE	47.5	187.4 413.2	115.0 832.0
	RS		170.8 376.6	115.9 838.5		RS		166.3 366.7	102.1 738.7
	RH		148.0 326.3	100.5 727.1		RH		144.2 318.0	88.5 640.3
	R0		113.9 251.1	77.3 559.3		R0		110.9 244.5	68.1 492.7
	R1		91.1 200.9	61.8 447.1		R1		88.7 195.6	54.5 394.3
5	RE	50.8	191.1 421.4	127.1 919.6	10	RE	46.7	184.7 407.3	112.7 815.4
	RS		169.6 374.0	112.8 816.1		RS		163.9 361.4	100.1 724.2
	RH		147.0 324.1	97.7 706.9		RH		142.1 313.3	86.7 627.3
	R0		113.1 249.4	75.2 544.1		R0		109.3 241.0	66.7 482.6
	R1		90.4 199.3	60.2 435.5		R1		87.4 192.7	53.4 386.3
6	RE	50.0	190.5 420.1	124.2 898.6	15	RE	42.6	183.9 405.5	98.2 710.5
	RS		169.1 372.9	110.3 798.0		RS		163.3 360.1	87.2 630.9
	RH		146.5 323.0	95.6 691.7		RH		141.5 312.0	75.6 547.0
	R0		112.7 248.5	73.5 531.8		R0		108.8 239.9	58.1 420.4
	R1		90.2 198.9	58.8 425.4		R1		87.1 192.1	46.5 336.4

5. TABLE OF ANGULAR PERFORMANCE

SUC1700H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT, %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT, %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
0	RE	55.0	231.1 509.6	171.9 1243.7	7	RE	49.1	213.5 470.8	145.3 1051.2
	RS		205.2 452.5	152.5 1103.3		RS		189.5 417.8	128.9 932.6
	RH		177.8 392.0	132.2 956.5		RH		164.2 362.1	111.3 808.9
	R0		136.8 301.6	101.7 735.8		R0		126.3 278.5	86.0 622.2
	R1		109.4 241.2	81.4 588.9		R1		101.1 222.9	68.8 497.8
3	RE	52.5	221.8 489.1	160.7 1162.7	8	RE	48.3	213.5 470.8	141.7 1025.2
	RS		196.8 433.9	142.6 1031.7		RS		189.5 417.8	125.8 910.2
	RH		170.6 376.2	123.6 894.2		RH		164.2 362.1	109.0 788.6
	R0		131.2 289.3	95.1 688.0		R0		126.3 278.5	83.9 607.0
	R1		105.0 231.5	76.1 550.6		R1		101.1 222.9	67.1 485.5
4	RE	51.6	217.2 478.9	156.6 1133.0	9	RE	47.5	211.6 466.6	138.0 996.4
	RS		192.8 425.1	139.0 100.57		RS		187.8 414.1	122.5 886.3
	RH		167.1 368.5	120.5 871.8		RH		162.7 358.8	106.1 767.6
	R0		128.5 283.3	92.7 670.7		R0		125.2 276.1	81.6 590.4
	R1		102.8 226.7	74.11 536.1		R1		100.1 220.7	65.3 472.4
5	RE	50.8	215.7 475.6	152.4 1102.6	10	RE	46.7	208.5 459.7	135.2 978.2
	RS		191.4 422.0	135.3 978.9		RS		185.1 408.1	120.0 868.2
	RH		165.9 365.8	117.2 847.9		RH		160.4 353.7	104.0 752.4
	R0		127.6 281.4	90.2 652.6		R0		123.4 272.1	80.0 578.8
	R1		102.1 225.1	72.2 522.4		R1		98.7 217.6	64.0 463.0
6	RE	50.0	215.0 474.1	149.0 1078.0	15	RE	42.6	207.6 457.8	117.8 852.3
	RS		190.9 420.9	132.3 957.2		RS		184.3 406.4	104.6 756.8
	RH		165.4 364.7	114.6 829.1		RH		159.7 352.1	90.7 656.2
	R0		127.2 280.5	88.2 638.1		R0		122.9 271.0	69.7 504.3
	R1		101.8 224.5	70.5 510.1		R1		98.3 216.8	55.8 403.7

5. TABLE OF ANGULAR PERFORMANCE

SUC2000H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
0	RE	55.0	319.9 705.4	279.8 2024.4	7	RE	49.1	295.5 651.6	236.6 1711.8
	RS		283.9 626.0	248.4 1797.2		RS		262.3 578.4	210.0 1519.4
	RH		246.1 542.7	215.3 1557.7		RH		227.3 501.2	182.0 1316.8
	R0		189.3 417.4	165.6 1198.1		R0		174.9 385.7	140.0 1012.9
	R1		151.4 333.8	132.5 958.6		R1		139.9 308.5	112.0 810.3
3	RE	52.5	307.0 676.9	261.7 1893.4	8	RE	48.3	295.5 651.6	230.7 1669.1
	RS		272.5 600.9	232.3 1680.7		RS		262.3 578.4	204.8 1481.7
	RH		236.1 520.6	201.3 1456.4		RH		227.3 501.2	117.5 1284.2
	R0		101.6 224.0	154.8 1120.0		R0		174.9 385.7	136.5 987.6
	R1		145.3 320.4	123.9 896.4		R1		139.9 308.5	109.2 790.1
4	RE	51.6	300.6 662.8	255.1 1845.6	9	RE	47.5	292.8 645.6	224.7 1625.7
	RS		266.8 588.3	226.4 1638.0		RS		259.9 573.1	199.4 1442.7
	RH		231.3 510.0	196.2 1419.5		RH		225.2 496.6	172.8 1250.2
	R0		177.9 392.3	150.9 1091.8		R0		173.3 382.1	132.9 961.5
	R1		142.3 313.8	120.7 873.3		R1		138.6 305.6	106.4 769.8
5	RE	50.8	298.5 658.2	248.2 1795.7	10	RE	46.7	288.6 636.4	220.2 1593.1
	RS		265.0 584.3	220.3 1593.9		RS		256.2 564.9	195.4 1413.7
	RH		229.6 506.3	190.9 1381.2		RH		222.0 489.5	169.4 1225.6
	R0		176.6 389.4	146.9 1062.8		R0		170.0 374.9	130.3 942.7
	R1		141.3 311.6	117.5 850.1		R1		136.6 301.2	104.2 753.9
6	RE	50.0	297.6 656.2	242.6 1755.2	15	RE	42.6	287.7 634.4	211.7 1531.6
	RS		264.2 582.6	215.4 1558.4		RS		255.4 563.2	167.9 1359.5
	RH		228.9 504.7	186.6 1350.1		RH		221.3 488.0	162.9 1178.6
	R0		176.1 388.3	143.6 1038.9		R0		170.2 375.3	125.3 906.5
	R1		140.9 310.7	114.9 831.3		R1		136.2 300.3	100.2 724.9

BLE OF ANGULAR PERFORMANCE

C2250H

RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
RE	55.0	449.4 990.9	442.3 3200.0	7	RE	49.1	415.2 915.5	373.9 2705.2
RS		398.9 879.6	392.5 2839.7		RE		368.5 812.5	331.8 2400.6
RH		345.7 762.3	340.2 2451.3		RH		319.4 704.3	287.6 2080.3
RO		265.9 586.3	261.7 1893.4		RO		245.7 541.8	221.2 1600.4
R1		226.0 498.3	222.4 1609.1		R1		208.8 460.4	188.0 1360.2
RE	52.5	431.2 950.8	413.6 2992.4	8	RE	48.3	415.2 915.5	364.7 2638.6
RS		382.8 844.1	367.1 2656.0		RS		368.5 812.5	323.7 2342.0
RH		331.7 731.4	318.1 2301.5		RH		319.4 704.3	280.5 2029.4
RO		255.2 562.7	244.7 1770.4		RO		245.7 541.8	215.8 1561.3
R1		216.9 478.3	208.0 1504.9		R1		208.8 460.4	183.4 1326.9
RE	51.6	422.4 931.4	403.1 2916.4	9	RE	47.5	411.4 907.1	355.1 2569.1
RS		374.9 826.7	357.8 2588.7		RS		365.1 805.0	315.2 2280.5
RH		324.9 716.4	310.1 2243.6		RH		316.4 697.7	273.1 1975.9
RO		249.9 551.0	238.5 1725.5		RO		243.4 536.7	210.1 1520.1
R1		212.4 468.3	202.7 1466.5		R1		206.9 456.2	178.6 1292.2
RE	50.8	419.4 924.8	392.3 2838.3	10	RE	46.7	405.4 893.9	348.0 2517.8
RS		372.2 820.7	348.2 2519.2		RS		359.9 793.6	308.9 2234.9
RH		322.6 711.3	301.7 2182.8		RH		311.9 687.7	267.7 1936.8
RO		248.2 547.3	232.1 1679.2		RO		239.9 529.0	205.9 1489.7
R1		210.9 465.0	197.3 1427.5		R1		203.9 449.6	175.0 1266.1
RE	50.0	418.1 921.9	383.5 2774.6	15	RE	42.6	403.8 890.4	303.3 2194.4
RS		371.1 818.3	340.4 2462.8		RS		358.4 790.3	269.2 1947.7
RH		321.6 709.1	295.0 2134.3		RH		310.6 684.9	233.3 1687.9
RO		247.4 545.5	226.9 1641.6		RO		238.9 526.8	179.5 1298.7
R1		210.3 463.7	192.9 1395.6		R1		203.1 447.8	152.5 1103.3

TABLE OF ANGULAR PERFORMANCE

SUC2500H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLW Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
0	RE	55.0	554.9 1223.6	606.7 4389.5	7	RE	49.1	512.6 1130.3	512.9 3710.3
	RS		492.5 1086.0	538.5 3896.0		RS		454.9 1003.1	455.2 3293.4
	RH		426.8 941.1	466.7 3376.6		RH		394.3 869.4	394.5 2854.2
	R0		328.3 723.9	359.0 2597.4		R0		303.3 683.8	303.5 2195.8
	R1		279.1 615.4	305.1 2207.4		R1		257.8 568.4	257.9 1865.9
3	RE	52.5	532.4 1173.9	567.3 4104.4	8	RE	48.3	512.6 1130.3	500.2 3618.9
	RS		472.5 1041.9	503.5 3642.3		RS		454.9 1003.1	444.0 3212.3
	RH		409.5 902.9	436.4 3157.4		RH		394.3 869.4	384.8 2784.0
	R0		315.0 694.6	335.7 2428.8		R0		303.3 668.8	296.0 2141.6
	R1		267.8 590.5	285.3 2064.1		R1		257.8 568.4	251.6 1820.3
4	RE	51.6	521.4 1149.7	553.0 4001.0	9	RE	47.5	507.9 1119.9	487.1 3524.2
	RS		462.8 1020.5	490.8 3550.9		RS		450.8 994.0	432.3 3127.7
	RH		401.1 884.4	425.4 3077.8		RH		390.7 861.5	374.7 2711.0
	R0		308.5 680.2	327.2 2367.3		R0		300.5 662.6	288.2 2085.1
	R1		262.3 578.4	278.1 2012.1		R1		255.4 563.2	245.0 1772.6
5	RE	50.8	517.8 1141.7	538.1 3893.2	10	RE	46.7	500.6 1103.8	477.3 3453.3
	RS		459.6 1013.4	477.6 3455.4		RS		444.3 979.7	423.7 3055.5
	RH		398.3 878.3	413.9 2994.6		RH		385.0 848.9	367.2 2656.7
	R0		306.4 675.6	318.4 2303.6		R0		296.2 653.1	282.4 2043.2
	R1		260.4 574.2	270.6 1957.8		R1		251.8 555.2	240.1 1737.1
6	RE	50.0	516.2 1138.2	526.0 3805.6	15	RE	42.6	498.5 1099.2	416.0 3009.8
	RS		458.2 1010.3	466.9 3378.0		RS		442.4 975.5	369.2 2671.2
	RH		397.1 875.6	404.6 2927.3		RH		383.4 845.4	320.0 2315.2
	R0		305.4 572.4	311.3 2252.3		R0		294.9 650.3	246.2 1781.3
	R1		259.6 572.4	264.6 1914.4		R1		250.7 552.8	209.2 1513.6

TABLE OF ANGULAR PERFORMANCE

3000H

ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips	ANGLE Deg.	RUBBER GRADE	MAX. DEFLECTION LIMIT %	REACTION FORCE Metric Tons Kips	ENERGY ABSORPTION Metric Ton-M Ft-Kips
0	RH	50.0	675.0 1488.4	720.0 5209.2	7	RH	44.1	572.5 1262.4	590.9 4275.2
	R0		520.0 1146.6	545.0 3943.1		R0		446.2 983.9	452.1 3270.9
	R1		440.0 970.2	465.0 3364.3		R1		376.6 1830.4	383.7 2776.1
3	RH	475	606.1 1336.5	663.3 4799.0	8	RH	43.3	567.1 1250.5	573.0 4145.7
	R0		458.0 1009.9	505.0 3653.7		R0		444.1 979.2	439.3 3178.3
	R1		391.9 864.1	425.7 3080.0		R1		374.5 825.8	372.5 2695.0
4	RH	46.6	590.8 1302.7	644.5 4563.0	9	RH	42.5	562.1 1239.4	558.1 4037.9
	R0		487.4 1074.7	492.0 3559.6		R0		444.0 979.0	421.0 3045.9
	R1		387.2 853.3	414.3 2997.5		R1		374.5 825.8	359.5 2601.0
5	RH	45.8	585.8 1291.7	628.5 4547.2	10	RH	41.7	565.0 1245.8	537.1 3885.9
	R0		452.6 998.0	481.2 3481.5		R0		441.9 974.4	411.0 2973.6
	R1		383.4 845.4	407.5 2948.3		R1		373.4 823.3	347.4 2513.4
6	RH	45.0	577.8 1274.0	612.4 4430.7	15	RH	37.6	570.3 1257.5	450.8 3261.5
	R0		449.0 990.0	462.0 3342.6		R0		440.8 972.0	340.3 2462.1
	R1		379.9 837.7	398.5 2883.1		R1		374.5 825.8	291.7 2110.4

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN

TUGAS - AKHIR

No. : 016/PT12.H8.FTK4./Q/1996

MATA KULIAH	:	TUGAS AKHIR
NOMOR MATA KULIAH	:	OE.1701
NAMA MAHASISWA	:	A.A.N.Y. WIRAPRAMANA
NOMOR POKOK	:	4914300216
TANGGAL DIBERIKAN TUGAS	:	30. Januari..1996
TANGGAL SELESAI TUGAS	:	29. Juni..1996
DOSEN PEMBIMBING	:	DR. Ir. W.A. Pratikto, MSc
		Ir. Handayani, MSc

TEMA/URAIAN/DATA-DATA YANG DIBERIKAN :

JUDUL " PEMILIHAN SISTEM FENDER UNTUK PELABUHAN BERKAITAN
DENGAN KODISI PASANG SURUT "

DIBUAT RANGKAP 4 :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dekan
3. Dosen Pembimbing.
4. Arsip Kajur.

SURABAYA, 30. Januari..1996

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
KELOMPOK TEKNIK LAUTAN


DR. Ir. E.B. Djatmiko, MSc
NIP. 131 407 592

LEMBAR PRESENTASI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : A.A.N.Y. WIRAPRAMANA
 NOMOR POKOK : 4914300216
 NAMA DOSEN BEMBIMING : 1. DR. Ir. W. A. PRATIPTO, MSc
 2. Ir. HANDAYANU, MSc.
 TUGAS DIMULAI : 30 JANUARI 1996
 TUGAS DISELESAIKAN : 29 JUNI 1996
 JUDUL TUGAS AKHIR : PEMILIHAN SISTEM FENDER UNTUK
 PELABUHAN BERKAITAN DENGAN
 KONDISI PASANG SURUT.

NO	TANGGAL	KONSULTASI MENGENAI	TANDA TANGAN DOSEN PEMBIMBING
1.	23.3.96	Pendahuluan	Wsp
2.	2.4.96	Bab II, perbincangan.	Wsp
3.	7.5.96	Perbaikan Bab II	Wsp.
4.	1.6.96	Langkah Bab II	Wsp.
5.	28/6 96	Perbaikan Bab III & IV	Wsp
6.	3/7 96	Perbaikan Bab V	Wsp
7.	22/7 96	Perbaikan Bab VI	Wsp
8.	24/7 96	Bab V & VI	Wsp
9.	5/8 96	Bab VII, Seleksi	Wsp

Catatan : Lembar Presensi ini harus dilampirkan pada saat menyerahkan Formulir pendaftaran Ujian Tugas Akhir.